



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



LIBRAIRIE J. G. PAILLON ET FILS 19, rue d'Orléans

ANATOMIE, HISTOLOGIE ET PHYSIOLOGIE

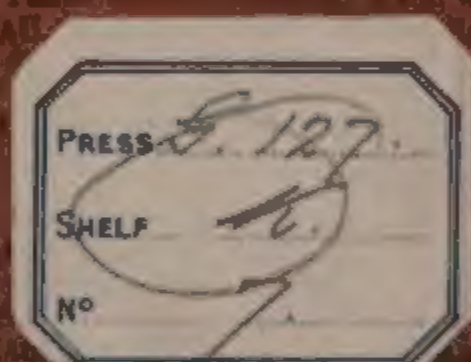
13 ANGEL. Nouveaux Éléments d'anatomie par Benjamin ANGEL, chirurgien des hôpitaux, professeur à la Faculté de Paris, 1 vol. in-8, avec 1072 figures et 12 pl. de tableaux. Paris, 1857. 10 fr. 50.
Séparément, la table, 1 vol. in-8.
Séparément, l'atlas, 1 vol. in-4.

BEAUNIS. Nouveaux Éléments de physiologie, cours de 100 pages, avec 200 fig., cart.

BEAUNIS et BOUCHARD. Nouveaux Éléments descriptifs et d'embryologie, par H. BEAUNIS, professeur à la Faculté de médecine de Nancy, et H. BOUCHARD, professeur à la Faculté de médecine de Nancy. Deuxième édition, in-8, avec 121 fig. dessinées d'après nature. Paris, 1857. 10 fr. 50.

CHUVERGNE (J.). Traité d'anatomie pathologique. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

PAILLON. Traité de physiologie. Paris, 1857. 1 vol. in-8.



MAISON. Traité élémentaire d'histologie. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MAISON. Traité élémentaire d'histologie. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

MULLER. Manuel de physiologie, par J. MULLER, professeur à la Faculté de médecine de Paris. Paris, 1857. 1 vol. in-8.

Envoi franco contre un mandat



PATHOLOGIE EXTERNE

- BERNARD et HUETIE.** Précis iconographique de médecine opératoire et d'anatomie chirurgicale, par Ch. BERNARD, membre de l'Institut, et Ch. HUETIE, Nouveau tirage. 1 vol. in-18, jeune de 404 pages, avec 110 pl. noires, cartonné..... 24 fr.
— La même, fig. colorées, cartonné..... 45 fr.
- COHEN.** La pratique de la chirurgie d'urgence, par le docteur A. COHEN. 1 vol. in-18 de xiv-216 pages, avec 24 fig..... 2 fr.
- GALEZOWSKI (X.).** Traité des maladies des yeux, par A. GALEZOWSKI, professeur d'ophthalmologie à l'École pratique. Deuxième édition. 1 vol. in-8 de 602 pages, avec 470 figures..... 70 fr.
- GAUCHET et SPILLMANN.** Arsenal de la chirurgie contemporaine; description, mode d'emploi et appréciation des appareils et instruments en usage pour le diagnostic et le traitement des maladies chirurgicales, l'orthopédie, la prothèse, les opérations simples, générales, spéciales et plastiques, par J. GAUCHET, médecin principal, professeur à l'École du Val-de-Grâce, et E. SPILLMANN, médecin-major, professeur agrégé à l'École de médecine du Val-de-Grâce. 1 vol. in-8 de 860 pag., avec 1850 fig..... 32 fr.
- GOFFIUS.** Précis iconographique de bandages, pansements et appareils, par le Dr Goffius. Nouveau tirage. 1 vol. in-8 jeune de 200 pag., avec 21 pl., fig. noires, cartonné.... 18 fr.
— La même, fig. colorées, cartonné..... 30 fr.
- GOSSELIN.** Clinique chirurgicale de l'hôpital de la Charité, par L. GOSSELIN, professeur de clinique chirurgicale à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Académie des sciences. 2 vol. in-8, avec figures..... 24 fr.
- GUYON.** Éléments de chirurgie clinique, comprenant le diagnostic chirurgical, les opérations en général, les méthodes opératoires, l'hygiène, le traitement des blessés et des opérés, par le docteur Félix GUYON, agrégé de la Faculté de médecine, chirurgien de l'hôpital Necker. 1 vol. in-8 de xxviii-312 pages, avec 22 fig. 12 fr.
- HENRIARD (J.).** Histoire de la chirurgie française au XIX^e siècle, étude historique et critique sur les progrès faits en chirurgie et dans les sciences qui s'y rapportent depuis la suppression de l'Académie royale de chirurgie jusqu'à l'époque actuelle, par le docteur Jules HENRIARD, directeur du service de soins de la marine. 1 vol. in-8 de xvi-282 pages..... 14 fr.

Eenvoi franco contre un mandat de poste.



000084813R

NOUVEAUX ÉLÉMENTS

DE

PHYSIOLOGIE HUMAINE

DU MÊME AUTEUR :

De l'habitude en général. Thèse pour le doctorat en médecine. In-4°. Montpellier, 1856.

Anatomie générale et physiologie du système lymphatique. Thèse de concours pour l'agrégation. In-4°. Strasbourg. 1863.

Nouveaux éléments d'anatomie descriptive et d'embryologie, par H. BEAUNIS et A. BOUCHARD. In-8°. Deuxième édition. Paris, 1873.

Impressions de campagne, 1870-1871. — Siège de Strasbourg. — Campagne de la Loire. — Campagne de l'Est. (*Gazette médicale de Paris*, 1871-1872.)

De l'organisation du service sanitaire dans les armées en campagne. Brochure in-8°. Paris, 1872.

Programme d'un cours de physiologie fait à la Faculté de médecine de Strasbourg. In-18. Paris, 1872.

Note sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonctions des centres nerveux. In-8°. Paris, 1872, et *Gazette médicale de Paris*, 1872.

Remarques sur un cas de transposition générale des viscères. In-8°. Paris, 1874, et *Revue médicale de l'Est*, 1874.

La force et le mouvement. (*Revue scientifique*, 1874.)

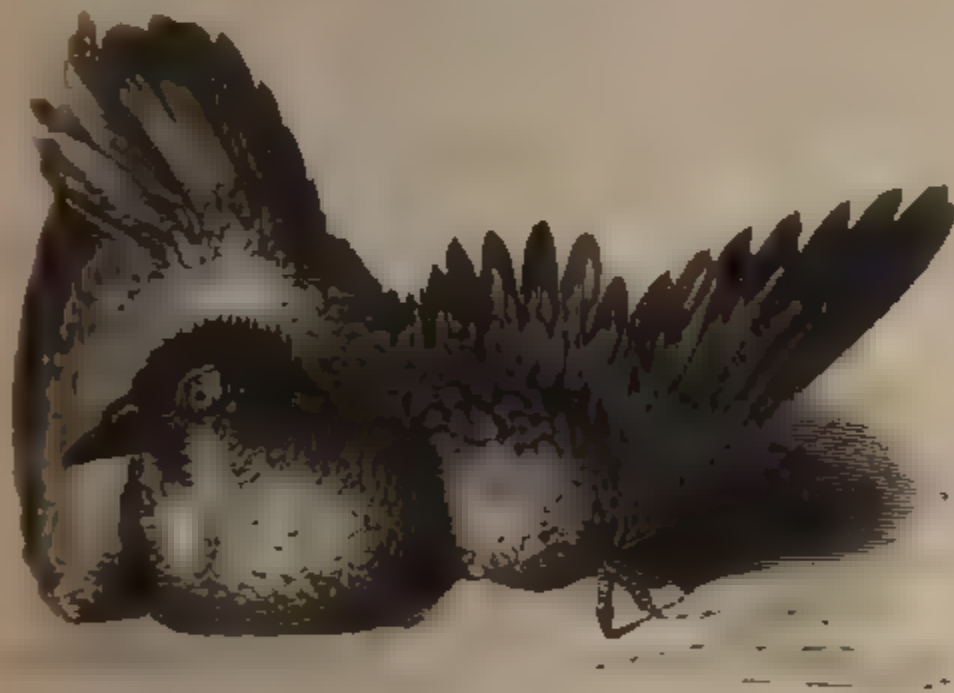
Les principes de la physiologie. Leçon d'ouverture du cours de physiologie. Brochure in-8°. Nancy, 1875.

NOUVEAUX ÉLÉMENTS
DE
PHYSIOLOGIE HUMAINE

COMPRENANT LES PRINCIPES
DE LA PHYSIOLOGIE COMPARÉE ET DE LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

PAR
H. BEAUNIS
PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE À LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE NANTES

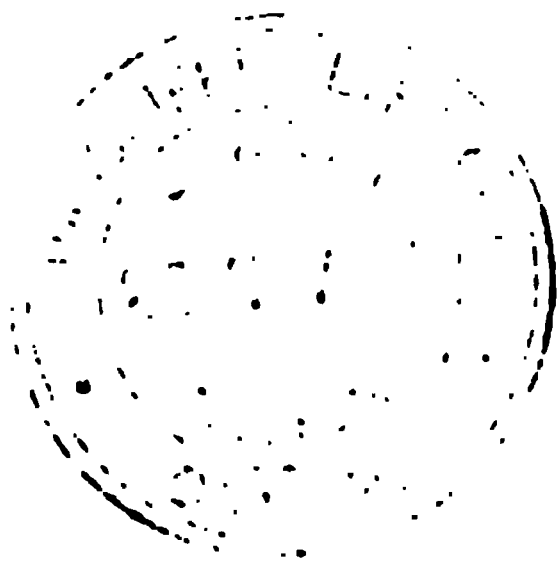
Illustré de 282 figures intercalées dans le texte



PARIS
J-B BAILLIÈRE ET FILS, LIBRAIRES-ÉDITEURS
17, RUE HALÉVYVILLE, PRÈS DU BOULEVARD SAINT GERMAIN

—
1876

Tous droits réservés.



PRÉFACE

Cet ouvrage se divise en quatre parties.

Dans la première, intitulée *Prolégomènes*, sont traitées les questions générales qui servent d'introduction à la physiologie humaine, telles que celles de la *corrélation des forces, des caractères des êtres vivants*, etc.

La seconde est attribuée tout entière à la *chimie physiologique*.

La troisième et la plus considérable est consacrée à la *physiologie de l'individu* : une première section comprend la *physiologie générale, physiologie cellulaire, physiologie des tissus, physiologie générale de l'organisme* ; une seconde section comprend la *physiologie spéciale*, c'est-à-dire les *fonctions de l'organisme humain*.

Enfin, la dernière partie traite de la *physiologie de l'espèce*.

Ce plan, tel que je viens de le résumer d'une façon succincte, je l'ai déjà suivi dans mes cours et mes conférences, soit à la Faculté de Strasbourg comme agrégé, soit à la Faculté de Nancy comme professeur de physiologie, et j'en ai déjà indiqué les traits principaux dans mon *Programme de physiologie*.

Ce n'est pas cependant sans de longues hésitations que je l'ai transporté du cours au livre et que je me suis décidé à rompre avec la tradition classique, malgré l'autorité de noms tels que ceux de Bichat, Bérard, Longet, etc. Mais on ne manque pas de respect aux maîtres de la science en changeant les divisions qu'ils ont établies, quand ces

divisions sont devenues insuffisantes et incomplètes; on manquerait à la science en les conservant.

Depuis l'époque à laquelle écrivait Bichat, la physiologie s'est transformée; deux grandes lois, celle de la *corrélation des forces* et celle de l'*évolution des êtres vivants* (*transformisme*), sont venues révolutionner les sciences physiques et naturelles, et opèrent aujourd'hui la même révolution dans la physiologie humaine; des chapitres nouveaux se sont ajoutés aux anciens; la *chimie physiologique* a accumulé découvertes sur découvertes; le microscope nous a révélé toute une physiologie inconnue autrefois, celle de la cellule et des éléments anatomiques, etc. Ces découvertes, ces idées nouvelles, le physiologiste doit les accepter, et il serait puéril de vouloir immobiliser la science dans un moule de convention parce que ce moule a été créé par Bichat.

Les matériaux amassés dans ces dernières années sont tellement nombreux qu'il est souvent peu aisé de choisir entre des faits parfois contradictoires, d'interprétation difficile, et dont la valeur scientifique dépend de la valeur même de l'observateur. La science est encombrée d'expériences douteuses, de faits mal étudiés, de conclusions fausses, de théories prématurées; tout le monde est un peu physiologiste aujourd'hui, et ce n'est pas chose facile que de déblayer tous ces matériaux et que de distinguer le vrai physiologiste du physiologiste de rencontre. Aussi n'ai-je pas la prétention, incompatible avec la nature même de ce livre, d'avoir été complet; je crois cependant n'avoir rien omis d'essentiel et avoir utilisé tous les travaux sérieux et intéressants. Quant aux autres, le lecteur ne pourra se

derniers temps, et le nombre des appareils et des instruments s'est considérablement augmenté. Il était impossible de les décrire tous; il a fallu forcément faire un choix; mais les plus importants ont été décrits et figurés dans le cours de l'ouvrage, et tous ceux qui ont une certaine valeur ont été mentionnés avec l'indication bibliographique qui permettra au lecteur de recourir au travail original.

Les questions générales, trop négligées aujourd'hui dans les ouvrages classiques, ont été traitées le plus brièvement possible, mais avec assez de développement pour en faire ressortir toute l'importance et en indiquer les traits principaux. C'est ainsi que le lecteur trouvera, dans les Prolégomènes, des études sur la *force* et le *mouvement*, les *caractères de la vie*, les *différences des animaux et des végétaux*, la *place de l'homme dans la nature*, et que les questions de l'*espèce* et de son origine, de l'*origine de l'homme*, de l'*homme primitif*, etc., sont exposées dans l'esprit des théories modernes.

L'auteur n'a pas cru non plus que la physiologie dût laisser de côté, pour l'abandonner aux philosophes, la partie psychologique de la *physiologie cérébrale*; pour lui, en effet, à l'exemple de l'école anglaise, la psychologie trouve dans la physiologie sa base la plus sûre et la plus solide; aussi n'a-t-il pas craint de traiter, en s'appuyant sur les données physiologiques, les questions des *sensations*, des *idées*, du *langage*, de la *conscience*, de la *volonté*, etc., et si les limites de ce livre lui ont interdit de s'étendre sur ces sujets, il espère en avoir assez dit pour en préciser nettement les points essentiels.

J'appellerai maintenant l'attention du lecteur sur quelques innovations introduites dans ce livre.

faciliter son travail, j'ajoute quelques planches représentant l'anatomie de la grenouille, l'animal le plus facile à se procurer et avec lequel on peut répéter la plupart des expériences fondamentales de la physiologie.

Connaissant la facilité avec laquelle s'oublie les formules et les réactions des principes organiques, et l'embarras qui en résulte pour l'étudiant quand il rencontre des termes dont il a oublié la signification, j'ai donné, dans un appendice et par ordre alphabétique, les formules, les caractères et les réactions principales de toutes les substances de l'organisme; le lecteur aura donc immédiatement sous la main, en cas d'oubli, les renseignements qui lui font défaut, et n'aura besoin de recourir à un traité de chimie que quand il voudra se livrer à une étude plus approfondie.

Un court chapitre de toxicologie physiologique résume l'action des anesthésiques, du curare et des principaux toxiques usités en physiologie.

Un grand nombre de figures originales, dessins d'appareils et d'instruments, régions anatomiques, figures schématiques, ont été gravées pour ce livre; un certain nombre de figures ont été empruntées aux ouvrages de Cl. Bernard, Bert, Colin, Küss, Mandl, Marey, Ch. Robin, Wundt, etc.

Pour toutes les notions anatomiques que nécessite la lecture d'un traité de physiologie, je renverrai le lecteur aux *Nouveaux Éléments d'anatomie humaine et d'embryologie*, par Beaunis et Bouchard; 2^e édition, 1873.

Septembre 1875.

BEAUNIS.

construite à peu près sur le modèle des amphithéâtres d'anatomie; cette salle doit représenter la partie centrale du laboratoire, la pièce dans laquelle toutes les autres s'ouvrent.

2° Une salle plus petite pour la micrographie, les expériences délicates, les appareils de précision (balances, appareils d'électricité, etc.);

3° Une salle servant de laboratoire de chimie et possédant l'installation nécessaire pour tout ce qui concerne la chimie physiologique;

4° Une petite pièce, pouvant être transformée facilement en chambre obscure, pour certaines expériences de physique physiologique et spécialement d'optique;

5° Enfin, s'il est possible, on réservera avec avantage deux pièces servant d'ateliers de moulage et de photographie.

L'installation du laboratoire, en dehors de l'outillage qui sera vu plus loin, comprend deux choses principales, le gaz et l'eau. Cette installation peut se résumer en quelques mots : du gaz et de l'eau partout, de façon à pouvoir conduire où l'on veut, à l'aide de tubes de caoutchouc, le gaz et l'eau dans un point quelconque du laboratoire. Si la pression de l'eau est suffisante, on peut, à l'aide d'une trompe de laboratoire, faire marcher un petit moteur hydraulique et on a ainsi une force motrice qu'on a bien souvent lieu d'utiliser, par exemple pour pratiquer la respiration artificielle. Si la pression d'eau est insuffisante, il faut avoir recours à une petite machine à vapeur.

L'espace intérieur réservé aux animaux doit être dallé, en partie couvert et divisé en circonscriptions distinctes suivant la nature des animaux, auxquels, autant que possible, on doit, en outre de l'abri qui les loge, laisser un peu d'espace et une certaine liberté. La grandeur et la forme des niches et des cages seront appropriées à l'espèce d'animaux qu'elles doivent renfermer (chiens, chats, lapins, cobais, poules, etc.). Des niches distinctes, séparées des autres, permettront d'isoler complètement les animaux après l'opération. Quelques-unes des niches et des cages auront un fond à jour qui permettra de recueillir les urines (voir page 151). Les cages pour les petits animaux (rats, souris, oiseaux, etc.), seront placées dans le laboratoire même, dans la salle des vivisections. Un bassin, avec des plantes aquatiques, recevra les grenouilles, les poissons, les animaux aquatiques dont on peut avoir besoin, et alimentera les divers aquariums du laboratoire.

bouche de l'animal dont la tête est saisie par les deux mors; l'appareil est fixé à la planchette sur laquelle est attaché l'animal, auquel tout mouvement devient impossible.

Il faut toujours se rappeler que la simple contention mécanique de l'animal réagit toujours sur sa circulation et sur sa respiration, et il est prudent d'attendre que l'état normal soit revenu avant de commencer l'opération. Cette précaution est surtout nécessaire quand il s'agit d'étudier le pouls, la pression sanguine, la respiration, la température, etc. Ainsi l'immobilisation d'un animal fait baisser sa température.

b. *Anesthésie*. — Voir pour l'action et le mode d'emploi des divers anesthésiques, le chapitre : *Toxicologie physiologique; anesthésiques*, page 1073.

c. *Immobilisation par le curare*. — Le curare ayant la propriété de paralyser les nerfs moteurs en laissant intacts les mouvements du cœur et la plupart des fonctions, Cl. Bernard en a profité pour s'en servir comme de moyen contentif. Chez les animaux à sang froid, comme la grenouille, le procédé est très-commode et peut être employé facilement. Chez les animaux à sang chaud, la paralysie des nerfs des muscles inspireurs arrête bientôt la respiration et par suite les mouvements du cœur. Il faut donc chez eux pratiquer en même temps la respiration artificielle. Pour cela, on introduit dans la trachée une canule à laquelle s'adapte un soufflet avec lequel on souffle de l'air dans les poumons en imitant autant que possible le rythme et l'ampleur des mouvements respiratoires de l'animal; l'air expiré s'échappe par une ouverture latérale de la canule. Gréhant a imaginé un appareil dans lequel le soufflet est mû par un excentrique, qu'on peut raccourcir ou allonger à volonté, et qui se rattache lui-même à une roue mise en mouvement par une courroie de transmission d'un moteur quelconque. Avec cet appareil, on peut très-facilement entretenir la respiration artificielle pendant plusieurs heures.

3° *Opération*. — Le mode opératoire varie évidemment suivant l'opération elle-même, il n'y a là qu'à suivre les règles ordinaires de la médecine opératoire; le physiologiste doit être en effet doublé d'un chirurgien, et il doit connaître à fond toutes les ressources de la chirurgie pour pouvoir les employer au besoin. Aussi n'y a-t-il pas lieu de tracer ici des règles spéciales pour les vivisections; seulement le but du physiologiste étant tout autre que celui du chirurgien, la marche à suivre est un peu diffé-

complète, c'est-à-dire que le physiologiste doit s'aider de toutes les ressources du microscope et de l'analyse chimique.

L'autopsie une fois faite, un autre devoir s'impose, celui de conserver tout ce qui peut présenter un intérêt physiologique ou anatomique; chaque laboratoire de physiologie doit, au bout de quelques années, posséder un véritable musée de physiologie pathologique, et au bout de quelque temps, la réunion de toutes ces pièces, dont le numéro d'ordre renvoie à l'histoire détaillée de l'observation, constituera un ensemble précieux de documents.

3° Micrographie.

Le microscope doit être à demeure sur la table du physiologiste. Même en mettant à part les recherches de physiologie élémentaire et histologique qui en demandent l'emploi continu, il n'y a pas de recherche physiologique, quelle qu'elle soit, qui ne puisse exiger, à un moment donné, l'intervention du microscope. Naturellement l'outillage micrographique devra être très-complet et tenu toujours au courant des progrès modernes, mais ce n'est pas ici le lieu de développer ce sujet, pour lequel je renvoie aux traités spéciaux.

4° Chimie physiologique.

Les mêmes réflexions peuvent s'appliquer à la chimie physiologique qui a pris tant d'extension dans ces dernières années : sans vouloir exiger du physiologiste une universalité qu'aucun homme ne peut atteindre, il faut cependant que son laboratoire soit outillé pour qu'il puisse y faire toutes les recherches possibles de chimie physiologique. Là encore, c'est aux ouvrages spéciaux que je renverrai le lecteur. Outre les réactifs et les produits usuels, tout laboratoire de physiologie doit posséder une collection de produits de chimie physiologique et de toxicologie.

5° Appareils et instruments.

Outre les appareils et les instruments spéciaux pour les vivisections, la micrographie et la chimie physiologique, le labora-

de 0 à 24, correspond à la base d'une ordonnée. L'ordonnée qui correspond au zéro constitue la *ligne des ordonnées*; on y marque les degrés du thermomètre en allant de bas en haut, de façon que chaque degré corresponde à l'endroit où les lignes horizontales rencontrent la ligne des ordonnées. On inscrit alors, pour chaque heure de la journée, le degré de température obtenu en plaçant le chiffre à l'intersection de l'abscisse et de l'ordonnée correspondante. Si on réunit les points ainsi obtenus par des lignes, on a une courbe continue qui représente graphiquement la marche de la température dans les 24 heures. En général, les temps et les durées s'inscrivent sur la ligne des abscisses, les intensités sur la ligne des ordonnées. Mais tout phénomène ou toute loi à 2 variables peut toujours se représenter de la même façon. C'est ainsi qu'on a dressé les courbes de la population d'un pays d'année en année, de la mortalité suivant les âges, etc., etc.

Avec ces graphiques, on peut avoir facilement les *moyennes* par un procédé mécanique, celui de Volkmann. Le papier sur lequel est inscrit le graphique doit être d'une épaisseur très-égale et très-uniforme de texture. On découpe le papier en suivant la courbe du graphique, la ligne des abscisses et les deux ordonnées extrêmes; le poids donne le poids total du graphique, et s'il s'agit, par exemple, d'une courbe de température, le poids correspond à la totalité des degrés observés; ce poids total divisé par le nombre de jours, donnera le poids moyen ou autrement dit la température moyenne par jour.

2° *Enregistrement graphique direct des phénomènes physiologiques.* — Une grande partie des phénomènes physiologiques ne sont autre chose que des phénomènes de mouvement mécanique qui peuvent toujours, par conséquent, se transmettre à un levier, soit immédiatement, soit, s'ils sont trop faibles, après avoir été amplifiés. Si on place à l'extrémité oscillante de ce levier un pinceau et qu'on mette ce pinceau en contact avec une feuille de papier, les oscillations du levier s'inscriront sur cette feuille et y traceront le graphique du mouvement. Si la feuille est immobile, les graphiques se superposeront, et si le mouvement se fait dans le sens vertical, le pinceau tracera une simple ligne droite verticale; mais si la feuille se déplace d'un centimètre, par exemple, par seconde, les mouvements du levier donneront non plus une ligne verticale, mais une ligne courbe et on aura un

sente plus de difficultés, cependant ces difficultés ont été surmontées et on enregistre des mouvements aussi imperceptibles que ceux du pouls et aussi étendus que ceux de la course

b. *Transmission du mouvement.* — La transmission du mouvement jusqu'au levier écrivant peut se faire de plusieurs façons et, dans un appareil donné, il pourra y avoir successivement plusieurs modes de transmission

Cette transmission peut se faire *par l'air*, comme dans les sonnettes à air. C'est ce qui se fait, par exemple, dans un des appareils les plus utiles en physiologie, le *tambour du polygraphe* de Marey (p. 11). Il consiste en une petite capsule métallique sur l'ouverture de laquelle se trouve tendue une membrane de caoutchouc qui la ferme complètement. Sur la membrane de caoutchouc est collée une petite plaque d'aluminium rattachée par une petite fourchette à un levier écrivant, de façon que tous les mouvements de soulèvement et d'abaissement de la membrane se traduisent par des ascensions et des descentes correspondantes du levier agissant comme un levier du troisième genre. L'intérieur du tambour contient de l'air et communique avec l'extérieur par un tube sur lequel on peut adapter un tube de caoutchouc. Toutes les fois que l'air du tambour subit une augmentation de pression, la membrane de caoutchouc s'élève, et avec elle le levier écrivant; c'est l'inverse quand la pression diminue. Ainsi, si on met en rapport cet appareil avec la trachée d'un animal, ou chez l'homme avec une narine (voir page 131), les variations de pression de l'air des voies aériennes réagissent sur la membrane du tambour et le levier baisse dans l'inspiration et monte dans l'expiration (voir, pages 133 et 135, les graphiques recueillis par ce procédé). Si on met l'air du tambour en rapport avec la branche libre d'un manomètre, d'un manomètre à mercure, par exemple, les

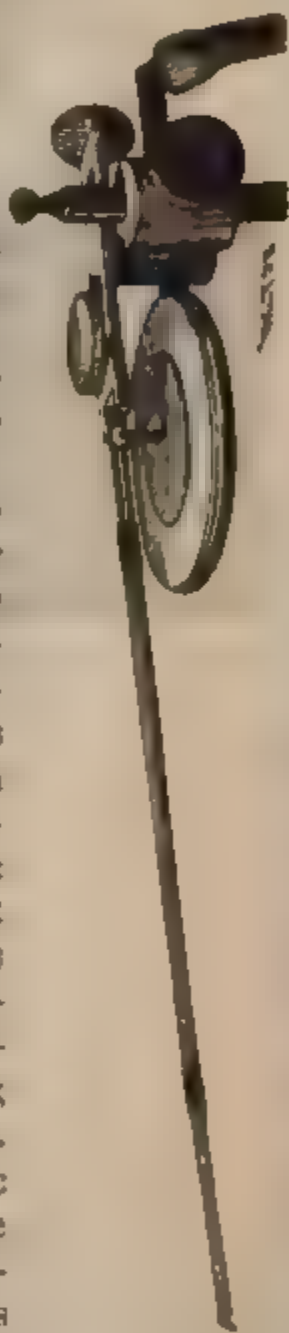


Fig. 11. — Tambour du polygraphe de Marey.

lique comme dans les baromètres anéroïdes, et le levier écrivant

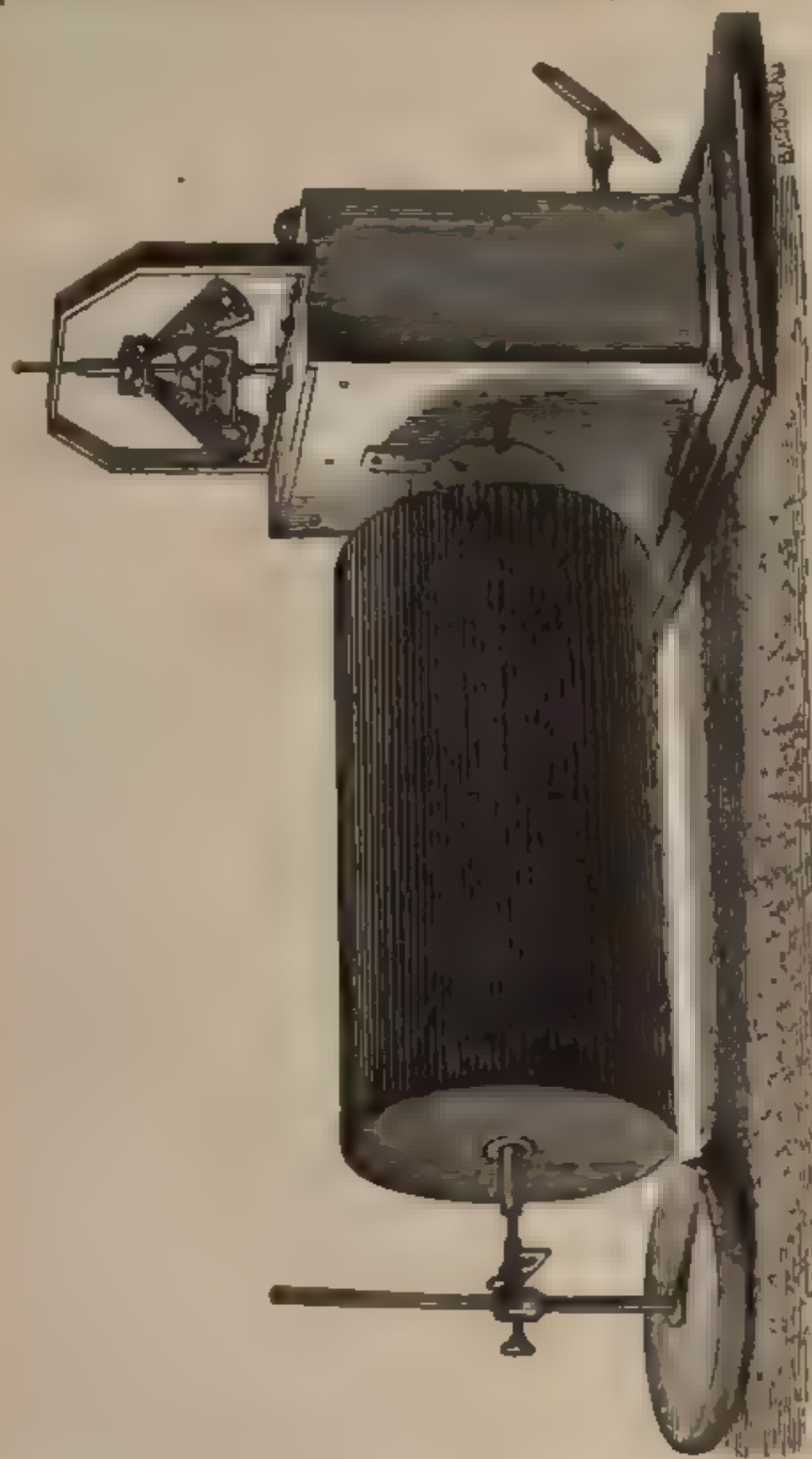


Fig. III. — Cylindre enregistreur.

se trouve, rattaché plus ou moins directement à l'extrémité mobile du ressort.

pour cela de faire arriver la dernière contraction musculaire un peu après que le cylindre a accompli un tour entier et ainsi de suite. On obtient le même résultat en déplaçant un peu le cylindre ou mieux en plaçant le myographe sur un chariot (fig. 19, p. 264) qui marche dans le sens de la flèche indiquée sur la figure et roule sur un petit chemin de fer parallèle à l'axe de rotation du cylindre. La pointe écrivante décrit alors autour du cylindre un pas de vis très-fin, et les graphiques se superposent en se rapprochant plus ou moins suivant le degré de vitesse du chariot. On a ainsi des graphiques en *imbrication verticale*. Enfin, en combinant les deux espèces d'imbrications, on a l'*imbrication oblique* qui permet de réunir un grand nombre de graphiques sur une petite surface.

La mesure de la durée du mouvement se fait facilement puisqu'on connaît la vitesse du cylindre et sa circonférence, mais si l'on veut arriver à une grande précision, le meilleur moyen est d'enregistrer en même temps les vibrations d'un diapason; il suffit d'adapter à une des branches d'un diapason dont le nombre des vibrations est connu, un stylet écrivant et d'enregistrer ces vibrations en même temps que le mouvement qu'on veut étudier, comme on en a un exemple dans la figure 53 page 270. On connaît ainsi par le nombre de vibrations la durée exacte d'un mouvement, quelque rapide qu'il soit. Pour les durées plus longues on peut employer un pendule qui bat les secondes, et qui, en rompant et en fermant tour à tour un courant de pile, produit



Fig. 19. — Cylindre de papier sur lequel on enregistre des vibrations d'un diapason.

complète et plus rigoureuse un grand nombre de phénomènes dont la connaissance était restée très-imparfaite

C. ÉTUVES ET RÉGULATEURS. — Les étuves sont nécessaires, non-seulement pour beaucoup d'opérations de chimie pure, mais encore pour une foule d'expériences physiologiques et en particulier pour les digestions artificielles, les incubations artificielles, l'action de températures variées sur les animaux, etc. ; il importe surtout de pouvoir régler à volonté la température d'une étuve et de pouvoir y maintenir une température constante. On y arrive facilement à l'aide de *régulateurs*. La figure V représente une étuve avec son régulateur. Quand la température de l'eau de l'étuve s'élève, l'air contenu en 4

se dilate et le niveau du mercure monte, atteint l'orifice du tube métallique (fig. VI, o) et retrécit cet orifice de façon que le débit de gaz devient moins considérable et que par suite la température s'abaisse, il est facile de régler ce régulateur de façon à avoir toujours une température déterminée. La figure VII représente une autre espèce de régulateur, le régulateur Schlessing. Dans celui-ci, le débit du gaz est réglé par une lamelle qui vient s'appliquer plus ou moins sur l'orifice du tube E, suivant qu'elle est repoussée plus ou moins par une membrane qui obture un tube situé vis-à-vis le précédent et rempli de mercure, ici c'est la dilatation même du mercure qui



Fig. VI — Régulateur par dilatation de l'air

D APPAREILS D'ÉLECTRICITÉ. — Ces appareils comprennent 1° Des appareils pour produire les courants continus, c'est-à-dire les différentes espèces de piles : piles de Daniell (zinc et cuivre), de Grove (zinc et platine), de Bunsen (zinc et charbon) au bichromate, etc. La pile de Daniell est celle qui offre la plus grande constance de la force électro-motrice. Pour les expé-

plus, la pièce E se relève par l'élasticité du ressort qui va toucher la vis v, et le courant passe de nouveau. En même temps, à chaque fermeture et ouverture du courant dans la bobine primaire, il se produit dans la bobine secondaire B' des courants instantanés qu'on peut recueillir à l'aide de deux bornes rivées

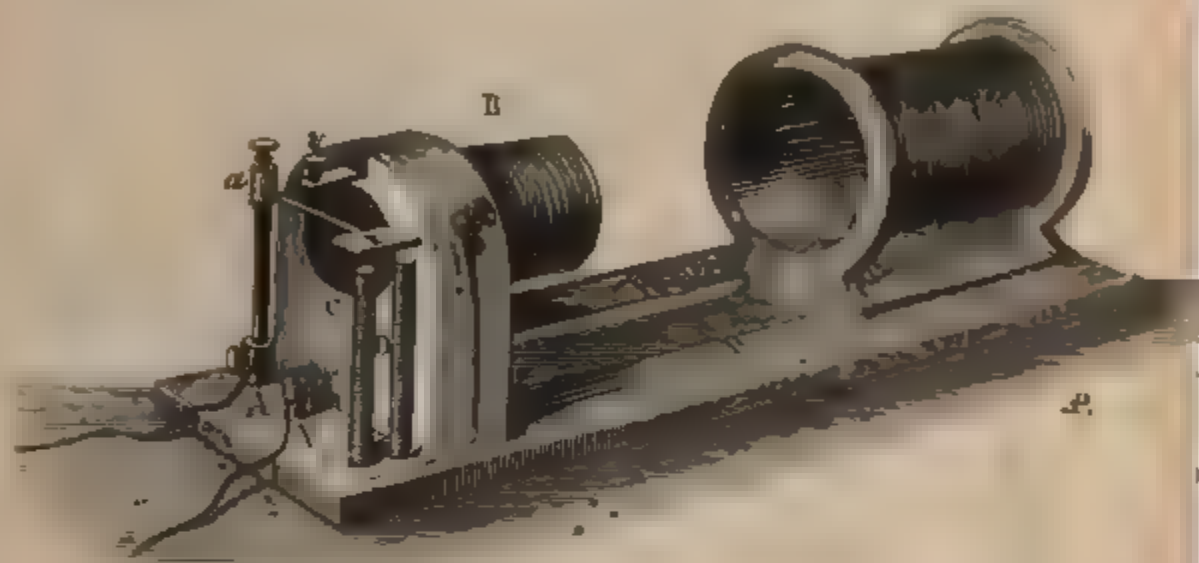


Fig. IX. — Appareil à chariot de Du Bois Reymond.

bles dans la figure. La bobine secondaire glisse dans deux rainures et peut être rapprochée plus ou moins de la bobine primaire qu'elle peut même couvrir complètement, et plus on éloigne les deux bobines, plus on diminue l'intensité du courant induit. Enfin deux bornes I permettent de recueillir l'extra-courant.

3° Des appareils pour ouvrir et fermer le circuit — en effet, il importe de placer les électrodes avant de fermer le circuit. Le meilleur appareil est le *lecteur-clef* de Du Bois Reymond (fig. X). Il se compose d'une tablette en caoutchouc durci, sur laquelle sont fixées deux bornes métalliques A et B. Un prisme en laiton qu'on fait basculer à l'aide d'une poignée isolante C, établit la communication entre les deux bornes quand on l'abaisse, ou l'interrompt quand on le relève, comme dans la figure. quand on relève la clef, le courant de la pile passe dans le circuit dérivé A I B, quand on l'abaisse, le courant passe en entier à travers le prisme en laiton, et le circuit A I B ne reçoit rien du courant, à cause de sa résistance bien plus considérable.

4° Des appareils ou commutateurs qui permettent, non-seule-

rompu ; si le ressort *s* appuie sur le cuivre, le courant entre par *d*, va dans la lame de cuivre *a*, de là dans le ressort *s* et dans la borne *e*, parcourt le circuit dans le sens de la flèche, revient à la borne *e'*, va dans le ressort correspondant dans la lame *c*, et sort par *m'*. Pour changer le sens du courant, on fait tourner le cylindre de 180°, de façon que la lame *c* vienne toucher le ressort *s*.

5° Des appareils pour graduer l'intensité des courants constants, *rhéostats*, et pour la description desquels je renvoie aux traités de physique.

6° Des *électrodes* dont la forme et la disposition varient suivant le but qu'on veut obtenir. Pour éviter la polarisation, on se sert habituellement d'électrodes dits *impolarisables*; ils sont constitués essentiellement par des lames de zinc amalgamé plongeant dans une solution de sulfate de zinc. On peut leur donner diverses formes; on peut placer la solution où plonge le zinc amalgamé dans un tube de verre fermé à sa partie inférieure par un bouchon d'argile plastique; on place, comme dans la figure 172, page 724, les parties dans lesquelles doit passer le courant sur des coussinets de papier à filtrer plongeant dans une solution de sulfate de zinc. Donders a figuré et décrit, dans les *Archives de Pflüger*, t. V, page 3, une forme très-commode d'électrodes impolarisables. Les deux électrodes doivent être réunis (en maintenant naturellement leur isolement) et doivent jouir d'une certaine mobilité de façon qu'on puisse leur donner la position qu'on désire; cette mobilité s'acquiert soit en les reliant à leur support par une articulation dite *genou à coquille*, soit, comme le fait Marey, en les rattachant à un tube de plomb qui, grâce à sa flexibilité et à son peu d'élasticité, prend et garde toutes les positions qu'on lui donne.

7° Un *galvanomètre* ordinaire et un *galvanomètre à miroir* avec sa lunette. Je renvoie pour leur description aux traités de physique.

8° Un *interrupteur électrique* de Marey pour obtenir les secousses en imbrication latérale et oblique. (Voir Marey : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, p. 321.)

9° Des *aiguilles thermo-électriques* de forme et de disposition variables (voir page 703), etc.

Les autres appareils spéciaux sont décrits et la plupart figurés

raison de même dans celle de Paris. Là, en effet, l'immense majorité des étudiants ne sait pas ce que c'est qu'un laboratoire de physiologie, et dans les écoles secondaires il en est de même, vu l'absence complète de laboratoire. On ne peut nier cependant que la physiologie ne soit aussi nécessaire au médecin que l'anatomie et la chimie; on ne comprendrait pas l'étude de l'anatomie et de la chimie sans travaux pratiques, et n'en est-il pas de même pour la physiologie? Il m'a semblé qu'il y avait quelque chose à faire dans cet ordre d'idées, et que dans l'impossibilité de trouver accès dans des laboratoires qui sont insuffisants ou n'existent pas, chaque étudiant pourrait avoir chez lui et à peu de frais *son laboratoire de physiologie*.

• Ce laboratoire pourrait comprendre :

1° Les réactifs et les substances les plus nécessaires, eau distillée, acides azotique, sulfurique, chlorhydrique, acétique, sulfhydrique, de l'ammoniaque, de la soude, de la baryte, du chlorhydrate d'ammoniaque, de la teinture d'iode étendue, de l'iodure de potassium, de l'alcool, de l'éther, du chloroforme, du chloral, la liqueur de Barreswill, le réactif de Millon, du papier de tournesol.

2° Les appareils de chimie indispensables, une lampe à alcool avec un support, une douzaine de verres à pied, deux douzaines de tubes à essais, quelques petits ballons, quelques entonnoirs, des agitateurs, quelques tubes de verre de diamètre différent, une fiole à jet, une éprouvette graduée, quelques verres de montre, trois ou quatre capsules en porcelaine de grandeur différente, quelques soucoupes en porcelaine, du papier à filtrer, des bouchons en liège et un perce-bouchons, des tubes en caoutchouc de diverses grandeurs, etc.; deux grands bocal servant d'aquarium pour les grenouilles, quelques vases et bocal pour les préparations, un pèse-urine, un bain de sable, etc.

3° Des instruments, instruments ordinaires de dissection, pinces, scalpels fins, ciseaux, etc.; des planchettes de liège pour fixer les grenouilles, un thermomètre ordinaire et un petit thermomètre médical à échelle fractionnée, une seringue à injection sous-cutanée ou simplement une petite seringue en verre à bout effilé; la pointe s'introduit par une piqûre faite à la peau de la grenouille avec les ciseaux; — un sablier marquant la demi-minute; une balance-trébuchet; — une pince de Pulvermacher; — une petite pile au bichromate; — un compas; — un diapason avec une pointe écrivante.

Il serait à désirer qu'un constructeur intelligent prit l'initiative de fabriquer ainsi et de réunir dans une caisse portative et peu volumineuse tous les appareils indiqués ci-dessus; on aurait ainsi le *laboratoire de l'étudiant*.

APPENDICE. — *Anatomie de la grenouille*. — C'est en vue du paragraphe précédent que je donne les six figures suivantes destinées à guider l'étudiant dans la connaissance de la constitution anatomique de la grenouille. Les deux premières figures, qui représentent le squelette de la grenouille, n'ont pas besoin de légende explicative; l'étudiant retrouvera facilement dans l'ostéologie de l'homme les noms des divers os du squelette; les deux figures suivantes représentent l'appareil musculaire; la cinquième, empruntée à Cl. Bernard, figure le système circulatoire, la dernière représente, d'après Ecker, l'ensemble du système nerveux.

Bibliographie. — CL. BERNARD : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865, et : *Leçons sur les anesthésiques et l'asphyxie*, 1875 — MARRY : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, 1864. — ECKER : *Die Anatomie des Frosches*, 1861. — KRAUSE : *Anatomie des Kaninchens*, 1868. — BURTON-SANDERSON : *Handbook for the physiological laboratory*, 1873. Voir aussi les traités de micrographie, de physique et de chimie médicale.

•

FIGURE XIII.

Squelette de grenouille ; face antérieure.

EXPLICATION DE LA FIGURE XIV.

1, droit supérieur. — 2, temporal. — 3, releveur du bulbe oculaire. — 4, sous-épineux. — 5, trapèze (angulaire de Cuvier). — 6, déprimeur de la mâchoire inférieure. — 7, deltoïde. — 8, triceps. — 9, extenseur de l'avant-bras. — 10, extenseur commun des doigts. — 11, huméro-radial. — 12, grand dorsal. — 13, grand oblique. — 14, long du dos. — 15, petit oblique. — 16, sacro-coccygien. — 17, iléo-coccygien. — 18, faisceau cutané. — 19, grand fessier. — 20, triceps. — 21, biceps. — 22, demi-membraneux. — 23, psoas et iliaque. — 24, biceps. — 25, demi-tendineux. — 26, gastro-cnémien. — 27, péronier. — 28, tibial antérieur. — 29, court extenseur de la jambe. — 30, tibial postérieur. — 31, fléchisseur antérieur du tarse. — 32, artère névrose plantaire. — 33, long extenseur du 5^e doigt. — 34, long fléchisseur des doigts. — 35, long adducteur du 1^{er} doigt. — 37, transverse plantaire.

EXPLICATION DE LA FIGURE XV.

- 1, mylo-hyoïdien. — 2, 3, 4, deltoïde. — 5, triceps. — 6, huméro-radial. — 7, fléchisseur radial du carpe. — 8, fléchisseur des doigts. — 9, sterno-radial. — 10, portion sternale du grand pectoral. — 11, portion abdominale du grand pectoral. — 12, grand oblique. — 13, coraco-huméral. — 14, grand droit de l'abdomen. — 15, grand oblique. — 16, vaste interne. — 17, grand adducteur. — 18, long adducteur. — 19, couturier. — 20, droit interne. — 21, court adducteur. — 22, pectiné. — 23, grand adducteur. — 24, demi-tendineux. — 25, extenseur de la jambe. — 26, tibial antérieur. — 27, gastro-cnémien. — 28, extenseur de la jambe. — 29, tibial postérieur. — 30, péronier. — 31, fléchisseur postérieur du tarse. — 32, long extenseur du 5^e doigt. — 33, extenseur du tarse. — 34, long adducteur du 1^{er} doigt.

EXPLICATION DE LA FIGURE XVI.

a, veine allant de la veine cave au cœur en traversant le péricarde. — PP, poumons. — C, cœur. — FF, foie. — VP, veine porte. — br, veines épiploïques. — R, reins. — VJ, veines de Jacobson. — F, veine crurale. — AI, artère iliaque et crurale. — VA, veines abdominales allant se rendre au foie. — VF, veine fémorale.

EXPLICATION DE LA FIGURE XVII.

1, nerf olfactif. — 2, nerf optique. — 3, moteur oculaire commun. — 4, pathétique. — 5, trijumeau et ganglion de Gasser. — 6, moteur oculaire externe. — 7, facial, formé par la réunion de l'anastomose du nerf tympanique avec le rameau communiquant du pneumogastrique, 15. — 8, auditif. — 9, glosso-pharyngien naissant du pneumogastrique. — 10, pneumogastrique et son ganglion. — 11, branche ophthalmique du trijumeau. — 12, nerf palatin. — 13, nerf maxillaire supérieur. — 14, nerf maxillaire inférieur. — 15, rameau communiquant du pneumogastrique anastomosé avec le trijumeau. — 16, nerf pour l'estomac et les intestins. — 17, branche cutanée du pneumogastrique. — 18, nerf crural. — 19, nerf ischiatique. — 20, premier ganglion du sympathique. — 21, dernier ganglion du sympathique. — 22, cordon du sympathique — 1 à X, nerfs rachidiens.

autres et agissant à distance les unes sur les autres de façon à modifier leurs mouvements réciproques.

Ces atomes sont de deux espèces et l'on admet deux espèces de matière : 1° la *matière pondérable*, dont les atomes s'attirent en raison inverse du carré de la distance (loi de l'attraction universelle de Newton); 2° une *matière impondérable* ou *éther*, dont les atomes se repoussent suivant une loi encore inconnue. Si l'éther avec sa répulsion atomique n'existait pas, les atomes pondérables se trouveraient entraînés l'un vers l'autre par l'attraction, et le cosmos ne formerait plus qu'une masse cohérente où tout mouvement, autrement dit tout phénomène, serait impossible.

Quelques esprits ont cependant poussé plus loin cette synthèse physique. Ainsi Secchi, dans son livre : *De l'Unité des forces physiques*, cherche à expliquer tous les phénomènes matériels par l'éther et par les mouvements de ses atomes. Il n'y aurait plus dans ce cas qu'une seule espèce de matière, la matière impondérable ou éther dont les mouvements expliqueraient la chaleur, la lumière, la gravitation, l'électricité, etc.

D'après la théorie atomique les corps simples sont constitués de la façon suivante : chaque atome matériel est entouré par une atmosphère d'atomes d'éther de densité décroissante à mesure qu'on s'éloigne du centre; c'est à ce petit ensemble d'atomes que Redtenbacher a donné le nom de *dynamides*. Les corps composés sont formés par des agrégations de dynamides ou *molécules*, plus ou moins complexes suivant le nombre de dynamides qui entrent dans une molécule.

Permanence de la matière. — Une des lois les mieux établies de la physique moderne, et c'est à Lavoisier que revient la gloire de l'avoir le premier scientifiquement démontrée, c'est celle de la permanence de la matière. Rien ne se crée, rien ne se perd; la matière ne peut pas plus sortir de rien que rentrer dans le néant; quand elle semble disparaître, elle ne fait que se transformer, que changer d'état, que passer d'une combinaison à une autre. La chimie scientifique quantitative a été créée le jour où cette loi a été formulée, et la nier, c'est rejeter dans le vague la chimie et toutes les sciences qui en dépendent.

Permanence de la force. — L'idée de force est inséparable de l'idée de matière, et, comme on le verra plus loin, nous ne les connaissons toutes deux que par le mouvement. De même que nous avons vu la quantité de matière rester invariable, nous sommes

de mouvement. Mais si l'on considère non plus l'effet, mais la nature de la force, les divergences commencent. Autant de systèmes, autant d'idées différentes, contraires même, comprises toutes sous cette étiquette banale de *force*. Dans le langage ordinaire ces confusions ont peu d'importance, mais dans le langage scientifique, il n'en est plus de même. si un même mot correspond à des idées différentes la confusion s'introduit peu à peu dans la science, et du langage elle passe rapidement dans les idées; la forme vicie le fond. L'histoire du mot *force* et des idées groupées sous ce mot est, sous ce rapport, une des plus instructives. Entre la force à laquelle les spiritualistes donnent le nom de Dieu et « la masse matérielle animée de mouvement » que le mathématicien appelle aussi une *force*, quelle distance n'y a-t-il pas ?

C'est Leibnitz qui, en créant la *dynamique*, introduisit dans la science l'idée de force, mais, au lieu d'en faire simplement une *cause de mouvement*, il voulut aller au delà des faits et en fit quelque chose de plus. La force, dit A. Jacques dans son *Introduction aux Œuvres de Leibnitz*, est donc essentiellement simple et une, identique et immatérielle, spirituelle, immatérielle. Partant elle est impérissable, parce que cela seul qui est composé peut périr naturellement par la dissolution qui est la seule mort naturelle. La force ne commence donc que par création et ne peut finir que par annihilation, c'est-à-dire par miracle.

Cherchons donc ce qu'il y a au fond de cette idée de force, et pour cela commençons par les forces dites *physico-chimiques*.

Soit, par exemple, l'attraction de deux corps l'un pour l'autre. Dans ce phénomène, dit d'attraction, que trouvons-nous en l'analysant à fond ? Un mouvement et pas autre chose. Mais l'esprit humain ne s'est pas contenté de cette constatation pure et simple; il a voulu l'étudier de plus près et, en analysant ce mouvement, il a trouvé trois choses : 1° un mouvement; 2° un mobile ou corps mû; 3° un moteur ou une cause de mouvement. Examinons de plus près ces trois choses.

1° *Un mouvement*. C'est là en réalité la seule chose appréciable et indiscutable, c'est un fait de conscience, nous ne connaissons le monde extérieur et nous-mêmes qu'à l'aide du mouvement, et cette idée de mouvement se réduit en dernière analyse à une succession de sensations, ex. : sensations musculaires, comme quand nous suivons de l'œil un oiseau qui vole, sensations cutanées tactiles, comme quand un corps touche successivement des points différents de la peau, etc.

2° *Un mobile*. S'il y a mouvement, quelque chose se meut, ce quelque chose, on l'appelle corps, objet matériel, mais nous ne sommes déjà plus en présence d'un fait indiscutable comme tout à l'heure, l'intelligence dépasse ici la limite des faits, la preuve en est que ce quelque

ignorons *ce* qui l'a précédé et produit, *ce* qui en détermine les conditions, mais pourquoi faire intervenir derrière cette attraction une force attractive dont nous ne pouvons connaître en rien la nature et même l'existence. Si le mot : force attractive, ne signifie que la constatation d'un mouvement, il est inutile et superflu; s'il signifie quelque chose de plus, quelque chose de surajouté au mouvement, il est indémontré et indémontrable.

Cette idée de force n'est, en réalité, qu'une forme d'anthropomorphisme. Nous ne faisons plus du vent un Borée, de la mer Neptune, du soleil Apollon, mais, sans nous en douter peut-être, nous faisons, en adoptant des forces physiques, un raisonnement du même ordre quoique moins grossier et moins enfantin. Nous soulevons une pierre; nous faisons pour cela un certain mouvement; ce mouvement s'accompagne d'une sensation d'effort plus ou moins considérable suivant le poids de la pierre; en outre, ce mouvement est précédé d'un acte intellectuel, il est volontaire; il y a là un fait de conscience au delà duquel d'autres états de conscience, impressions, sensations, jouent bien le rôle de prédécesseurs, voire même de causes déterminantes; mais l'acte volontaire du mouvement reste pour nous la chose essentielle, car il s'accompagne d'un certain effort. Nous nous sentons la cause du mouvement, la *force* qui le produit. De là à l'idée de forces situées au dehors de nous et produisant tous les phénomènes qui nous entourent, il n'y avait qu'un pas et ce pas fut vite franchi.

« L'origine de la notion de force, dit A. Jacques dans son introduction, c'est la conscience claire, immédiate, directe, que j'ai de moi-même comme force; l'homme, le *moi*, est avant tout une force, une force libre, intelligente, éclairée, *vis sui conscia, sui potens, sui motrix*; il le sait quand il agit, il le savait avant l'action et ne cessera pas de le savoir quand à l'action aura succédé le repos. Dans cette conscience immédiate et permanente de la force personnelle, l'esprit humain puise l'idée de cause et il ne la puise que là; ailleurs, il ne voit que des phénomènes, des produits, des effets; *les causes et les forces dans le monde, il les suppose et les y fait à l'image et sur le modèle de la force qu'il est*, sauf à leur retirer, éclairé par la nature des effets, la liberté qu'il trouve en lui et l'intelligence qu'il s'attribue, pour ne leur laisser que le caractère de forces aveugles et fatales. »

En résumé, on voit que l'idée de force a sa source en nous-mêmes et que c'est par un vice de raisonnement et de langage que de la force que nous sentons en nous et sur laquelle nous reviendrons plus tard, nous concluons à des forces naturelles existant dans les corps bruts.

Les forces physico-chimiques ne sont pas autre chose que des modes de mouvement; la corrélation des forces physiques ne consiste pas en autre chose qu'en des transformations de mouvement.

Donc les trois choses que l'esprit humain trouve dans les phénomènes

force vitale? Dans cette hypothèse, on se heurte de tous côtés à l'impossibilité, au vague et à la contradiction.

Si de la force vitale végétative nous passons à la force vitale des animaux, nous rencontrons la même incertitude, et si nous laissons de côté les phénomènes de conscience que nous étudierons plus loin, nous retrouvons les mêmes objections et les mêmes difficultés que tout à l'heure. L'admission d'une force ou de forces vitales n'ajoute rien à nos connaissances; elle ne nous fait pas faire un pas de plus; nous ne faisons ainsi qu'ajouter l'inconnaissable à l'inconnu, l'inexplicable à l'inexpliqué.

Les phénomènes nerveux eux-mêmes ne sont, en réalité, que des phénomènes de mouvement. Lorsque vous pincez la patte d'une grenouille décapitée et que cette patte se contracte, quelle explication vient donner votre force vitale de cette succession de phénomènes?

Nous arrivons aux phénomènes de conscience, à ces forces auxquelles on a donné chez l'homme le nom d'*âme*, forces personnelles, individuelles, considérées en général comme absolument distinctes de la matière.

Ici nous marchons sur un terrain dangereux; l'équivoque règne en maîtresse et il importe pour la clarté de la discussion de bien préciser les termes du problème, ce qui n'est pas chose facile.

Tant qu'il s'agit de l'âme humaine, il n'y a pas la moindre difficulté et l'école spiritualiste présente la plus complète unanimité. L'âme est une substance réelle, immatérielle, immortelle, une intelligence *servie* par des organes, suivant l'expression de de Bonald. Je laisse de côté les questions sur lesquelles les philosophes gardent un silence prudent, telles que l'origine de l'âme, l'époque de son apparition, son siège, son rôle dans les phénomènes d'hérédité, son existence dans certains monstres doubles, etc., etc. Je ne m'occuperai ici que de ses facultés, telles qu'elles sont admises par la généralité des psychologues. Mais une grande partie de ces facultés existent aussi chez l'animal et il n'y a plus aujourd'hui un seul philosophe qui osât soutenir sérieusement l'automatisme des bêtes; il n'y aurait pas même lieu de chercher à le convaincre, car il ne voudrait pas être convaincu; pour qui a observé les animaux sans parti pris, l'animal perçoit, se souvient, compare, hésite, juge, se décide, en un mot il a de commun avec l'homme presque toutes, sinon toutes les opérations de l'esprit. On pourra, si l'on veut, lui refuser la généralisation, l'abstraction, mais qu'importe, s'il a une partie seulement, quelque minime qu'elle soit, des facultés qui, d'après l'école philosophique, sont l'apanage de l'esprit, d'un principe immatériel, d'une âme en un mot. Il ne peut y avoir de degré entre la matière et l'esprit. Or la mémoire, le jugement, l'attention, sont des

le premier, non, et le phénomène paraît d'un tout autre ordre. Cependant analysons le phénomène de plus près et voyons jusqu'où on peut aller.

Jusqu'à présent il n'y a rien entre l'acte de volonté et le mouvement du bras. L'un semble précéder l'autre immédiatement. C'est ainsi, en effet, que la chose se passera pour un enfant ou un homme ignorant. Il sait qu'il a voulu un mouvement et que ce mouvement s'est produit; voilà tout. Mais qu'il mette par hasard l'autre main sur son bras au moment où ce bras exécute le mouvement, il sentira la chair durcir et se gonfler, et il en conclura que le mouvement du bras s'accompagne d'un changement dans les parties intérieures qui le composent, et s'il interroge une personne plus instruite il apprendra que, dans son bras, il y a des muscles dont la contraction a produit le mouvement du bras. Voilà donc, interposé entre la volonté et le mouvement du bras, un nouvel acte dont il n'avait pas conscience, une contraction musculaire qui comble *partiellement* la lacune existant entre le mouvement du bras et la volonté. Il se passe donc en nous, dans la sphère de la volonté, des mouvements, même très-grossiers, dont nous n'avons pas conscience à moins d'une observation particulière. Mais ce n'est pas tout : le physiologiste intervient, et par des expériences précises il reconnaît qu'un organe spécial, un nerf, se rend à ces muscles, et que ce nerf transmet aux muscles une excitation sans laquelle la contraction musculaire ne se ferait pas, et que cette transmission s'accompagne de certains phénomènes qui indiquent un mouvement moléculaire. Voilà donc encore un mouvement, dont nous n'avons pas conscience, à ajouter à la série des mouvements déjà mentionnés, et la lacune entre l'extension du bras et la volonté se rétrécit de plus en plus. Ce nerf, d'autre part, aboutit à un organe ou centre nerveux composé lui-même de plusieurs organes; mais, pour simplifier, admettons seulement un centre moteur; là se passe encore une modification, un mouvement moléculaire qui détermine la transmission dans le nerf. Nous avons donc, si nous reprenons toute la série, la succession suivante :

1° Projection de la pierre;

2° Mouvement du bras;

3° Contraction musculaire;

4° Transmission nerveuse motrice;

5° Modification du centre nerveux moteur;

.

6° Volonté.

Si nous examinons quel est, par rapport à la conscience, le degré de *connaissable* de chacun de ces actes, nous avons le résultat suivant :

1° Projection de la pierre, mouvement connu immédiatement par l'observation la plus simple;

2° Mouvement du bras, connu immédiatement par les sensations qui l'accompagnent;

En outre, si ces phénomènes psychiques ne sont pas un mouvement matériel que devient le mouvement moléculaire dégagé dans le centre nerveux sensitif et d'où vient le mouvement produit dans le centre nerveux moteur? D'après la loi de corrélation d'ité des forces physiques, le premier ne peut disparaître qu'en se transformant et le second, ne pouvant être créé *ex nihilo* ne peut être qu'une transformation d'un mouvement antérieur. N'y a-t-il donc pas lieu de supposer que ces phénomènes psychiques ne sont qu'un mode de mouvement (mode tout particulier si l'on veut) provenant de la transformation du mouvement moléculaire du centre sensitif et se transformant en mouvement moléculaire du centre moteur? Ce qui donne plus de poids à cette hypothèse, c'est que lorsque ces phénomènes sont portés à un degré très-puissant, exemple : la colère, on sent en soi quelque chose qu'on ne peut comparer qu'à un mouvement, *la colère me monte à la tête*, dit-on quelquefois, et ce langage n'est peut-être pas si figuré qu'il en a l'air.

Enfin tous ces actes psychiques supposent des organes nerveux, organes dont l'activité n'est qu'un mode de mouvement. Quel besoin alors de surajouter à ces organes une force distincte et spéciale qui ne peut entrer en action sans eux? La liaison qui existe entre certains organes nerveux et des actes que nous ne reconnaissons comme phénomènes de mouvement que par une analyse très-soignée ne nous autorise-t-elle pas à croire que la même liaison existe entre la volonté et certains centres nerveux et qu'il n'y a là qu'un mouvement moléculaire dont nous n'avons pas conscience. Il est évident que la preuve absolue ne sera faite que le jour où la volonté, la mémoire, le jugement, etc. ou tous les actes psychiques simples auront été soigneusement rapportés à un centre nerveux et à un mouvement moléculaire, comme la transmission nerveuse est rapportée à un mouvement moléculaire d'un cordon nerveux, mais jusque-là n'y a-t-il pas au moins une très-forte présomption en faveur de cette hypothèse, et la science ne marche-t-elle pas de plus en plus dans cette voie?

Le reproche essentiel qu'on peut faire à l'hypothèse de la production matérielle de la pensée, c'est que certains faits ne sont pas encore prouvés que beaucoup sont encore inexpliqués et inexplicables. C'est vrai, mais n'en est-il pas de même de l'hypothèse contraire? Et de plus, dans l'admission d'une force pensante, les difficultés, au lieu d'être résolues, augmentent.

Nous avons vu tout à l'heure que si l'on admet cette force, cette âme pensante chez l'homme, il faut l'admettre aussi chez l'animal. Mais où cela conduit-il? Les forces, ces âmes animales, concevables à la rigueur pour les animaux les plus rapprochés de l'espèce humaine, que deviennent-elles chez les animaux inférieurs? On fera-t-on finir l'automatisme et commencer la volonté? À quel degré s'arrêtera-t-on dans la série? Est-ce qu'un mollusque n'a pas des sensations, des mouvements volontaires, des souvenirs, des comparaisons? Que sera l'âme des polypes

dans les limites de ce livre. Qu'il me suffise de dire que, pour ma part, croyant à l'origine matérielle de la pensée, c'est à cet ensemble de qualités morales que je réserverais le nom d'*âme*, exclusivement attribuée alors à l'homme, sans méconnaître cependant les objections sérieuses auxquelles cette solution peut donner lieu, et qui seraient en grande partie les mêmes que celles énoncées précédemment, mais avec moins de force et d'autorité.

En résumé, nous nous trouvons en face de deux grandes doctrines opposées

1° La doctrine *dualiste* qui admet l'existence simultanée de la matière et de la force, forces personnelles ou impersonnelles ;

2° La doctrine *uniciste*, ou mieux *unitaire*, qui n'admet qu'une seule chose : les uns des forces, les autres la matière ; les deux, en réalité, se réduisent, pour nous, au mouvement.

Entre le dualisme et l'unicisme, le choix ne nous paraît pas douteux en ce qui concerne les phénomènes physiques et vitaux : dans les deux cas, il n'y a que du mouvement. Le doute peut exister pour les phénomènes psychiques, mais ils nous paraissent être aussi réductibles au mouvement chez l'homme comme chez les animaux. Enfin, pour les phénomènes moraux, pour la cause première du mouvement, la science, jusqu'à nouvel ordre, ne peut que rester dans la réserve, c'est une affaire de croyance : l'existence de l'âme morale, l'existence de Dieu, ne sont susceptibles ni de démonstration ni de réfutation rigoureuse.

Nous arrivons donc à cette conclusion que, dans les sciences physiques et physiologiques, l'admission de forces distinctes est inutile et ne fait qu'embarrasser le langage scientifique. *Tous les phénomènes que l'esprit humain peut comprendre sont des phénomènes de mouvement*, et la force ne peut être admise que pour les phénomènes qui dépassent les bornes de notre intelligence, phénomènes de *moralité* dans le sens indiqué plus haut et cause première quelle qu'elle soit, du mouvement ; mais tout ce qui dépasse notre intelligence, âme et Dieu, étant en dehors de la science, ne doit pas nous occuper ici. En restant dans les limites de la science, il n'y a que du mouvement.

Le mouvement, dans ses différentes manifestations, physiques, vitales et (pour nous du moins) psychiques, constitue le champ commun de toutes les sciences ; mais il doit aussi être étudié en lui-même et dans ses caractères essentiels, indépendamment de ses différents *modèles*.

La première question qui se présente est celle du repos et du mouvement. Ce passage du repos au mouvement et du mouvement au repos est une des questions qui ont occupé longtemps les philosophes et forme encore aujourd'hui une des pierres d'achoppement de la métaphysique moderne.

Voici comment l'expose Herbert Spencer :

« Nous voilà encore en face de la vieille énigme du mouvement et

repos au mouvement et du mouvement au repos n'est autre chose qu'une accélération et un ralentissement du mouvement.

Il resterait maintenant à chercher les lois générales du mouvement. Je ne m'étendrai pas sur ce sujet dont l'étude exigerait des développements mathématiques qui me sont interdits. Je me contenterai de quelques lignes. Ces lois sont au nombre de trois : la transmission, la nécessité et l'égalité du mouvement.

1° *Transmissibilité du mouvement.* Tout mouvement a pour antécédent un mouvement et pour conséquence un mouvement.

2° *Nécessité du mouvement.* Étant données telles conditions, tel mouvement se produit nécessairement dans une direction et avec une intensité déterminées. On pourra donc, si on connaît ces conditions, prévoir ce mouvement et le faire naître si l'on peut reproduire ces conditions.

3° *Égalité du mouvement.* La quantité du mouvement transmis et celle du mouvement communiqué sont égales l'une à l'autre sous quelque forme que ce mouvement se présente. C'est la loi connue sous le nom d'équivalence ou corrélation des forces.

Toutes ces lois se réduisent en somme à une seule loi générale dont elles dérivent, celle de la *persistance du mouvement* (*loi de la conservation de la force d'Helmholtz*).

C'est avec les réserves faites ci-dessus que les mots *force* et *matière* seront employés dans cet ouvrage.

Des corps. — Si la matière est permanente et si, dans le domaine scientifique, il est impossible de lui assigner ni commencement ni fin, il n'en est pas de même des corps qui ne sont que des fragments du grand tout. Les corps ont une évolution, c'est-à-dire une origine ou un commencement, une existence et une fin.

Donc pour connaître un corps, il faudra étudier :

1° Ses caractères, au triple point de vue

De la matière ; groupement des atomes, des dynamides et des molécules ; c'est ce qui constitue la *chimie* de ce corps ;

De la force ou du mouvement ; *dynamique* ;

De la forme ; *morphologie*.

2° Son origine, son apparition et les conditions de cette apparition ; sa *genèse*, en un mot.

3° Son évolution, c'est-à-dire les mutations qu'il subit dans le cours de son existence ; mutations de la matière, mutations de la force, mutations de la forme.

4° Sa disparition ou sa fin et les conditions de cette disparition.

La molécule organique, surtout dans les composés quaternaires, possède une très-grande complexité. Il n'y a, pour s'en rendre compte, qu'à jeter les yeux sur les formules des albuminoïdes.

Les corps vivants contiennent une très-forte proportion de colloïdes, colloïdes que Graham appelait *état dynamique de la matière*, et qui se laissent traverser par l'eau, l'oxygène et les cristalloïdes. Cet état colloïde n'est pas spécial, il est vrai, à la matière organique, puisqu'il se présente dans la silice et le peroxyde de fer, par exemple, mais il faut remarquer que ces deux corps entrent précisément dans la constitution de beaucoup d'organismes vivants.

La substance des corps vivants est *hétérogène* ; qu'on prenne l'organisme le plus inférieur ou l'élément le plus petit d'un organisme, on le trouvera toujours constitué par l'assemblage d'eau, de colloïdes et de cristalloïdes, assemblage fait dans certaines proportions et avec un arrangement défini.

Les organismes vivants sont continuellement le siège d'une succession de décompositions et de recompositions (*tourbillon vital de Cuvier*). Ces décompositions et recompositions successives ont pour condition une rénovation incessante des molécules de l'organisme ; une partie des molécules décomposées est remplacée par des molécules venant de l'extérieur ; la matière brute devient matière vivante et la matière vivante devient matière brute ; il y a un perpétuel échange entre l'organique et l'inorganique ; c'est là ce qu'on a appelé la *circulation de la matière*. Le mode même par lequel ces molécules nouvelles pénètrent dans l'organisme fournit encore un caractère distinctif ; tandis que, dans un cristal, par exemple, les molécules nouvelles ne font que s'appliquer sur la surface du cristal déjà formé, dans les corps vivants elles pénètrent dans l'intimité même de l'organisme, *entre* (et non pas *sur*) les molécules déjà existantes ; c'est ce qu'on a exprimé en disant que les corps vivants s'accroissaient par *intussusception*, les corps bruts par *apposition*.

Ici se présente une question. Les quantités relatives de matière brute et de matière vivante sont-elles invariables ? Ou bien la quantité de matière vivante augmente-t-elle indéfiniment aux dépens de la matière brute ? Il est évident qu'à partir de la première apparition de la vie sur le globe, la quantité de la matière vivante s'est accrue graduellement ; mais cet accroissement s'est-

restreintes dans le cours de son existence. Au début, cette forme-type est toujours ou presque toujours la forme sphérique; puis, peu à peu le type propre à l'organisme se caractérise et se dessine dans le cours de son développement. Cette forme sphérique se retrouve non-seulement au début de la vie d'un organisme, mais aussi dans la plupart des éléments primitifs dont se compose cet organisme.

Évolution des corps vivants. — L'évolution des corps vivants est *déterminée*; ils ont un commencement, une existence, une fin; ils parcourent des phases définies qui se succèdent régulièrement et dans un certain ordre; un cristal, un composé chimique instable, pourraient peut-être, sous ce rapport, être comparés à un organisme vivant; mais ils s'en distinguent par l'absence d'usure et de réparation, par la fixité de leurs molécules pendant la durée de leur évolution.

Les êtres vivants ont une individualité propre; ils constituent des individus indépendants ou des agrégations d'individus dont chaque membre jouit d'une certaine indépendance vis-à-vis du tout; mais ce caractère n'est pas absolu et disparaît presque dans certaines classes d'animaux et de plantes pour faire place à une solidarité intime.

Tous les organismes vivants naissent d'un germe ou d'un parent antérieur doué de vie, et comme corrélatif un de leurs caractères essentiels est l'aptitude à reproduire des êtres plus ou moins semblables au générateur, ou, pour exprimer la même pensée sous une forme plus générale, la possibilité, pour des parties détachées du tout, de vivre d'une existence indépendante. Ce n'est pas ici le lieu de discuter la question si controversée de la génération spontanée; elle trouvera sa place dans un autre chapitre.

Les êtres vivants forment donc une série continue et on peut remonter ainsi d'être en être jusqu'à l'apparition de la vie sur la surface du globe. Une autre conséquence de cette propriété générale de reproduction, c'est que les produits possèdent des caractères (en plus ou moins grand nombre) semblables à ceux de leurs ascendants, soit *directs*, soit *dans la série*; c'est là ce qui constitue l'*hérédité*. Ces caractères héréditaires apparaissent, les uns dès la naissance de l'organisme (caractères dits à tort *innés*, *innée*), les autres pendant le cours de l'évolution de l'organisme (hérédité proprement dite).

1 mètre de côté ; il aura une surface de 6 mètres carrés et une masse de 1 mètre cube ; supposons un cube double de hauteur ; il aura 24 mètres carrés de surface et 8 mètres cubes de masse ; en doublant de hauteur, la masse sera 8 fois plus considérable, la surface quadruple seulement. Au lieu d'un cube prenons un organisme, les conclusions seront les mêmes ; quand l'organisme aura une hauteur double, sa masse, sur laquelle porte l'usure et doivent porter les réparations alimentaires sera 8 fois plus considérable ; sa surface, par laquelle s'introduisent les matériaux de réparation, ne sera que quadruplée ; il viendra donc un moment où ces matériaux ne seront plus introduits en quantité suffisante pour subvenir à la réparation. En d'autres termes, l'usure de l'organisme croît comme le cube et la réparation ne croît que comme le carré. Il y a bien, en outre, une affaire d'*innéité* (entendue dans le sens qui sera expliqué plus tard à propos de l'hérédité) dont il faut tenir compte ; chaque être, en effet, suivant l'expression d'Herbert Spencer, commence son évolution biologique avec un *capital vital* différent.

Le développement de l'organisation marche en général de pair avec l'accroissement de la masse. Il y a d'abord une différenciation morphologique qui porte primitivement sur les éléments cellulaires intérieurs et extérieurs ; puis peu à peu les tissus, les organes, les appareils, paraissent et se distinguent les uns des autres ; en un mot, l'organisation se perfectionne et s'achève.

La *mort* vient enfin terminer nécessairement cette évolution vitale, et livrer l'organisme à l'action pure et simple des milieux extérieurs ; mais il faut distinguer la mort de l'organisme en tant qu'individu et la mort des parties et des éléments isolés qui le constituaient. En général, dans les organismes complexes, la mort du tout et la mort des parties ne coïncident pas ; sauf dans des cas très-rares (fulguration, par exemple), la mort totale, *somatique*, précède la mort *moléculaire* ou des parties.

Action des milieux. — Le milieu fournit les matériaux de la vie ; la matière brute devient matière vivante ; il fournit les mouvements indispensables aux manifestations vitales, lumière, chaleur, etc. ; il modifie la forme des organismes (influence de la pesanteur sur la végétation).

Le milieu agit sur l'organisme à chaque instant de son évolu-

n'aura qu'à se reporter aux caractères essentiels des êtres vivants, caractères qui ont été donnés plus haut, pour voir par quoi pèchent ces définitions.

ARISTOTE : La vie est l'ensemble des opérations de nutrition, de croissance et de destruction (ζωὴν δὲ λέγω, τὴν..... τροφήν καὶ αὐξήσιν καὶ φθίσιν).

LAMARCK : La vie, dans les parties d'un corps qui la possède, est cet état de choses qui y permet les mouvements organiques, et ces mouvements qui constituent la vie active résultent d'une cause stimulante qui les excite.

BICHAT : La vie est l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort.

RICHERAND : La vie est une collection de phénomènes qui se succèdent pendant un temps limité dans un corps organisé.

LORDAT : La vie est l'alliance temporaire du sens intime et de l'agregat matériel, alliance cimentée par un *συνρμσν* ou cause de mouvement dont l'essence est inconnue. Cette définition ne s'applique qu'à l'homme.

BÉCLARD : La vie est l'organisation en action.

DUGÈS : La vie est l'activité spéciale des corps organisés.

TREVIRANUS : La vie est l'uniformité constante des phénomènes avec la diversité des influences extérieures.

P. BÉRARD : La vie est la manière d'exister des êtres organisés.

DE BLAINVILLE : La vie est le double mouvement interne de composition et de décomposition, à la fois général et continu.

CH. ROBIN : La vie est la manifestation des propriétés inhérentes et spéciales à la substance organisée seulement. Et ailleurs : On donne le nom d'*organisation* à cet état de dissolution et d'union complexe que présentent les matières demi-solides, quelquefois liquides ou solides, formées de principes immédiats d'ordres divers et provenant d'un être qui a eu ou a une existence séparée. (*Dictionnaire de médecine.*)

LITTRÉ : La vie est l'état d'activité de la substance organisée. (*Dictionnaire.*)

H. LEWES : La vie est une série de changements définis et successifs, à la fois de structure et de composition, qui se présentent chez un individu sans détruire son identité.

HERBERT SPENCER : La vie est la combinaison définie de changements hétérogènes, à la fois simultanés et successifs, en corrélation avec les coexistences et les successions extérieures (*in correspondence with external co-existences and sequences*), ou plus brièvement : la vie est l'adaptation continuelle des relations internes aux relations externes.

KUSS : La vie est tout ce que ne peuvent expliquer ni la physique ni la chimie.

CARACTÈRES DISTINCTIFS DES VÉGÉTAUX ET DES ANIMAUX.

La vie se manifeste sous deux formes principales : la plante, l'animal. Cependant la limite entre les deux formes n'est pas si tranchée qu'on le croyait généralement, et lorsqu'on descend aux degrés inférieurs de la série, on rencontre des êtres dont les manifestations vitales laissent l'esprit dans l'indécision et rappellent aussi bien la plante que l'animal. Aussi beaucoup de naturalistes ont-ils admis un règne, non pas intermédiaire, mais inférieur, sorte de souche commune d'où, par une bifurcation, seraient nés les deux embranchements (*protozoaires*, *protistes* d'Hæckel). Mais, ces réserves faites, des différences notables n'en existent pas moins entre le règne végétal et le règne animal ; c'est ce que fait ressortir facilement une comparaison rapide des deux règnes.

La plante possède les mêmes éléments chimiques fondamentaux que l'animal : oxygène, hydrogène, carbone, azote ; seulement le carbone y domine. Elle est plus riche en substances non azotées (hydrocarbonés, amidon, cellulose). La proportion des sels minéraux varie aussi dans les deux règnes ; les alcalis sont en plus grande proportion dans les plantes, les phosphates chez l'animal. Mais ce qui caractérise chimiquement la plante, c'est la présence d'une matière colorante, la *chlorophylle*, principe qui joue un rôle essentiel dans la vie de la plante ; il n'y a pourtant pas là un caractère absolu ; car toute une classe de plantes, les champignons, est dépourvue de chlorophylle, et on en trouve chez certains animaux, tels sont l'hydre verte et l'*euglena viridis*.

La plante a plus de stabilité chimique que l'animal, et les mutations matérielles y sont moins actives. Ces mutations sont de deux ordres : assimilation d'une part, désassimilation de l'autre.

Par l'*assimilation*, l'organisme emploie et utilise pour sa propre substance les matériaux qui lui viennent du dehors. Pour la plante, ces matériaux qu'elle emprunte à l'air et au sol sont l'eau, l'acide carbonique et l'ammoniaque ; c'est avec ces matériaux qu'elle forme l'amidon, la graisse et l'albumine de ses tissus ; cette assimilation ne se fait que dans les parties vertes, à chlorophylle et sous l'influence de la lumière, et l'effet ultime est une réduction et une élimination d'oxygène. C'est ce processus qui a été appelé improprement *respiration végétale*. Chez l'ani-

par une véritable *circulation matérielle*. C'est cette action combinée de la plante et de l'animal qui maintient la constance de la quantité d'acide carbonique de l'air. La vie végétale et la vie animale sont fonctions l'une de l'autre.

La proportion relative de matière végétale et de matière animale reste-t-elle constante ? A l'origine, il n'en a pas été ainsi ; à l'époque où l'atmosphère terrestre était surchargée d'acide carbonique, la vie végétale était seule possible ; puis, quand la vie animale a fait son apparition, les deux quantités ont, la première décréu, la deuxième augmenté, jusqu'à un moment où les deux quantités sont probablement devenues stationnaires, de façon à amener l'équilibre qui existe aujourd'hui, équilibre qui, du reste, peut être troublé à chaque instant et dont il est difficile d'affirmer le maintien.

Le dégagement de forces vives est beaucoup moins intense dans la plante que dans l'animal et ne se laisse constater chez la première qu'à certaines phases de son existence (chaleur dans la germination et dans la floraison) et dans certains cas spéciaux (mouvements de la sensitive, par exemple). Les plantes transforment plutôt des forces vives (chaleur et lumière solaire) en forces de tension, les animaux des forces de tension en forces vives.

L'organisation végétale est moins compliquée, la division du travail physiologique y est poussée moins loin que chez l'animal ; cependant, là encore il n'y a qu'une différence de degré, et l'organisation des animaux inférieurs ne dépasse guère celle de certaines plantes. La symétrie sphérique ou bilatérale existe aussi bien chez la plante que chez l'animal ; mais la forme générale de l'organisme emprunte chez la première aux conditions habituelles de son existence un caractère particulier. La plante est ordinairement fixée au sol et cette fixation lui imprime une forme qui se retrouve jusqu'à un certain point chez les animaux qui se trouvent dans les mêmes conditions (polypiers).

Chez l'animal, un facteur, sinon nouveau, du moins essentiel, le mouvement locomoteur apparaît, et ce mouvement détermine la distinction de l'organisme en partie antérieure et partie postérieure (avant et arrière), partie dorsale et partie ventrale, et donne à chacune de ces parties un caractère morphologique spécial en rapport avec leur mode de fonctionnement.

D'une manière générale, l'évolution de la plante est moins

Mais, comme on l'a vu déjà, aucun de ces caractères n'est absolu; ni l'absence de chlorophylle, ni le mouvement, ni la sensibilité, ni la digestion, ni la respiration, ne fournissent de caractère tranché, et il n'y a pas, à vrai dire, de criterium réel de l'animalité.

Résultats de la comparaison de la plante et de l'animal.

— La plante trouve les matériaux de son accroissement dans l'air et dans le sol, c'est-à-dire à peu près partout; il n'y a donc pas pour elle nécessité de déplacement. L'animal ne les trouve pas partout; il doit donc se déplacer, c'est-à-dire se mouvoir, et ce mouvement, qui n'est qu'un dégagement de forces vives, est lié à une oxydation; cette oxydation ne peut se faire que par l'usure de la substance même de l'organisme animal, et cette usure amène à chaque instant la nécessité d'une réparation organique et le besoin de rechercher des aliments appropriés; l'animal sent ses besoins et cherche à les satisfaire, et il exécute en vue de leur satisfaction des mouvements combinés et volontaires; il sent, il sait et il veut. Le nombre des actes vitaux de l'animal sera donc beaucoup plus considérable que celui des actes vitaux de la plante.

A chacune des actions vitales de l'animal correspond une fonction locomotion, digestion, respiration, etc. Chez les animaux supérieurs, chaque fonction a pour instruments des organes ou des appareils déterminés, mais chez les êtres inférieurs, il n'en est plus de même, c'est la même substance qui se contracte, sent, digère, excrète, se reproduit, puis, à mesure qu'on s'élève dans la série animale, la spécialisation se fait et la masse vivante se segmente et se différencie en parties afférentes à chaque fonction, c'est la division du travail en physiologie, suivant l'expression de Mlle-Edwards.

Cette division du travail physiologique a les mêmes avantages que dans l'industrie; en se localisant et se spécialisant, la fonction se précise et se perfectionne; mais en même temps chaque organe, chaque partie de l'organisme devient indispensable à la vie du tout qui périt quand cette partie se trouve profondément atteinte.

Mais, même chez les animaux supérieurs, tous les actes vitaux ne se localisent pas dans des organes et dans des appareils déterminés, à côté des fonctions spéciales, comme la digestion, la circulation, l'innervation, il en est d'autres, plus générales, qui ont

gène et les matériaux nutritifs des surfaces d'introduction aux organes profonds et portent les matériaux de déchet de ces organes profonds aux surfaces d'élimination;

4° Un organe reproducteur, mâle ou femelle (3);

5° Une masse de remplissage et de soutien, substance connective (7).

Cette spécialisation d'organes et de fonctions peut se suivre non-seulement dans la série animale, mais aussi dans l'évolution

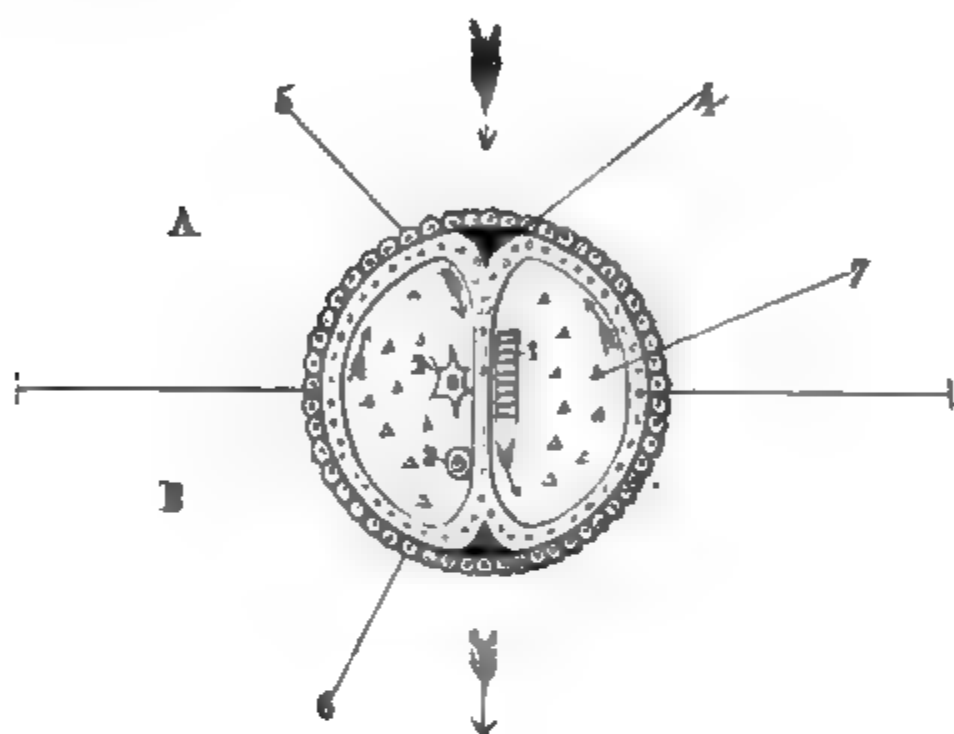


Fig. 1. — Schéma de l'organisme. (Voir page 31.)

même d'un organisme. Qu'on prenne, par exemple, l'homme tout à fait à sa naissance; on le verra d'abord constitué par une seule cellule, un ovule; il représente à cette première phase de son existence un animal unicellulaire; puis cette cellule se segmente et se multiplie en plusieurs cellules; il devient agrégat pluricellulaire; toutes les cellules qui composent l'embryon à cette période sont identiques, et l'œuf segmenté ressemble à un rizo-

Fig. 1. — A, surface d'introduction. — B, surface d'élimination. — 1, éléments musculaires. — 2, éléments nerveux. — 3, élément reproducteur. — 4, globules sanguins et sang. — 5, éléments épithéliaux d'absorption. — 6, éléments épithéliaux d'élimination. — 7, éléments connectifs. — La direction des flèches indique la direction du courant nutritif et du courant sanguin.

Caractères communs. — Non-seulement l'organisation des singes anthropomorphes est construite sur le plan général de l'organisation humaine, mais les ressemblances se continuent jusque dans les plus petits détails; aussi pour ne pas tomber dans une énumération inutile, je me contenterai de rappeler, *parmi les caractères communs, ceux seulement dont sont dépourvus les singes inférieurs.*

La colonne vertébrale du gorille et du chimpanzé possède le même nombre de vertèbres que celle de l'homme; on a admis, il est vrai, chez le gorille, treize vertèbres dorsales; mais, en réalité, la vertèbre comptée comme treizième dorsale est simplement la première lombaire dont l'apophyse costiforme s'est détachée de façon à former une côte surnuméraire, anomalie qui n'est pas très-rare chez l'homme. Le bassin, quoique plus étroit et plus allongé, a la forme générale du bassin humain, tandis que chez les autres singes, il se rapproche du bassin des quadrupèdes. La torsion de l'humérus est, comme chez l'homme, de 180 degrés, et l'olécrane est aplati d'avant en arrière, au lieu de l'être transversalement, comme chez tous les autres mammifères (Martins). La ressemblance se retrouve encore dans le squelette de la main et du pied, malgré le nom si mal justifié de *quadrumanes* donné aux singes par Buffon et Cuvier, et Huxley a prouvé, d'une façon irréfutable, qu'en réalité les singes sont, comme nous, bipèdes et bimanés.

Le cerveau de l'homme et des anthropomorphes présente les quatre caractères suivants qui n'existent que chez eux et font défaut chez tous les autres mammifères : 1° lobe olfactif rudimentaire; 2° lobe postérieur recouvrant complètement le cervelet; 3° existence d'une scissure de Sylvius bien dessinée; 4° présence d'une corne postérieure dans le ventricule latéral.

Le système musculaire, sauf une ou deux exceptions qui seront mentionnées plus loin, offre la même disposition dans les deux groupes, et ce qu'il y a de significatif, c'est qu'un muscle, le muscle acromio-basilaire, qui existe chez la plupart des singes non anthropomorphes, manque chez le gorille comme chez l'homme.

Les callosités des fesses manquent chez les anthropomorphes; les ongles ont la forme de l'ongle humain; les organes des sens ont la même structure.

Il en est de même des organes contenus dans les deux cavités

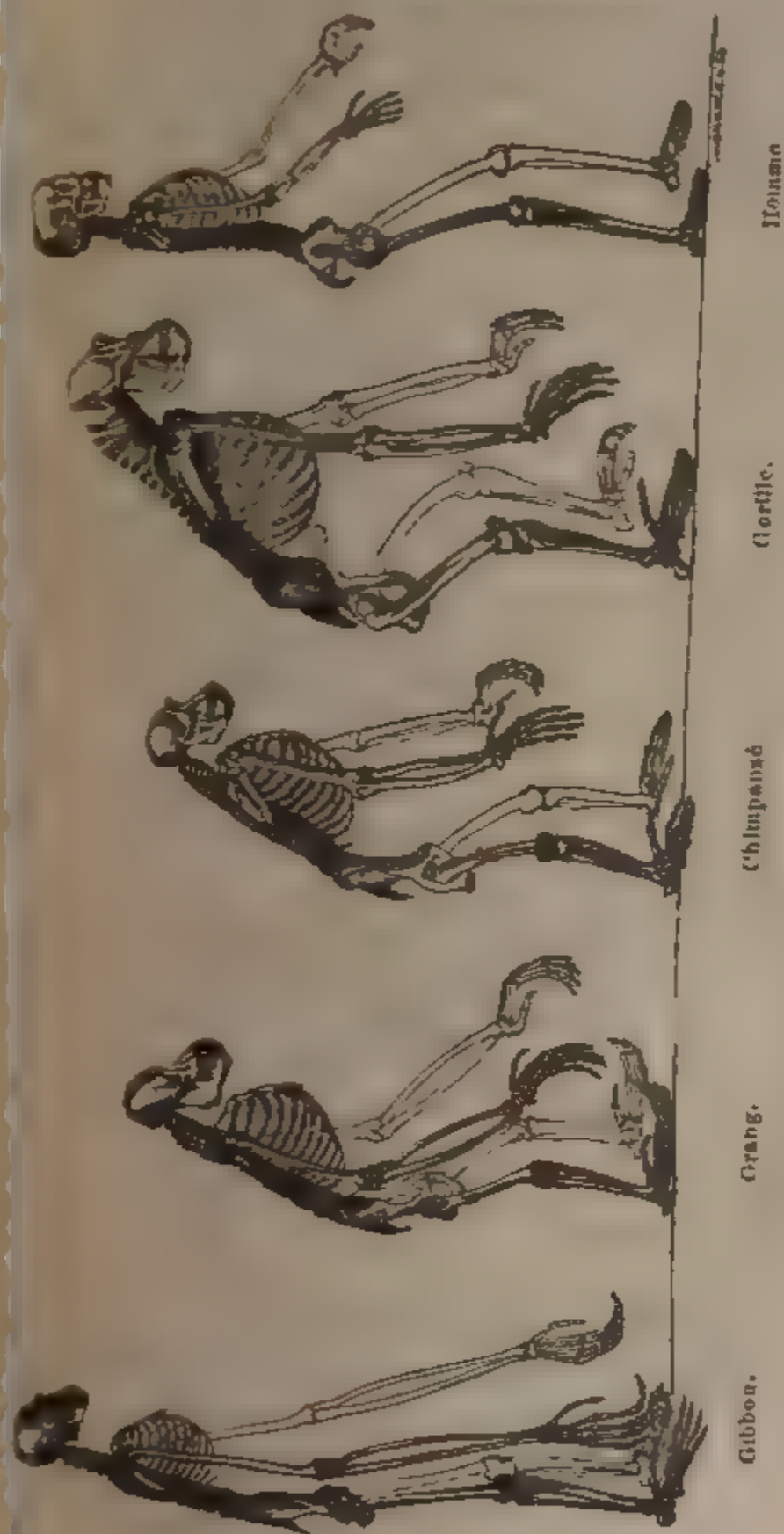


Fig. 2. — Sign. 110 de l'homme et des singes anthropomorphes d'après Huxley.

splanchniques; l'appendice vermiculaire, qui manque chez les autres singes, existe chez les anthropomorphes; le foie, nouveau trait de séparation, est construit sur le type humain, les poumons aussi, et le lobe azygos impair, qui existe chez les singes inférieurs, manque chez eux comme chez l'homme.

La station est bipède (*fig. 2*) et l'attitude du corps, légèrement oblique, se rapproche plus de la verticale que de l'horizontale, tandis que chez les autres singes l'attitude est franchement horizontale; les anthropomorphes sont des bipèdes imparfaits, mais ce sont des bipèdes. Dans la marche ils ne se servent de leurs membres antérieurs qu'accessoirement et pour se soutenir; ils n'appuient jamais sur la paume de la main, mais toujours sur la face dorsale des doigts légèrement fléchis, seul exemple dans les vertébrés; la face palmaire de la main, comme le dit Broca, ne devient jamais plantaire. Les mouvements des membres supérieurs sont analogues aux mouvements des bras de l'homme, et l'excursion de la supination, qui, chez les autres singes, n'est que d'un angle droit, est chez eux de 180 degrés.

La ressemblance des singes anthropomorphes avec l'homme est surtout marquée dans le jeune âge; un fœtus de singe ressemble à s'y méprendre, sauf la taille, à un fœtus humain. Après la naissance, non-seulement les jeunes chimpanzés et les jeunes orangs sont plus doux, plus caressants, plus intelligents, mais encore leur squelette, et en particulier leur crâne présente les caractères du crâne humain; puis peu à peu, avec la puberté, les caractères bestiaux, tant physiques que psychiques, se dessinent de plus en plus et finissent par prédominer. La même remarque a été faite pour les diverses races humaines : le négriillon, par exemple, est vif, intelligent, et apprend aussi facilement qu'un enfant européen; mais, à la puberté, il se fait un changement notable, de sorte que la différence entre un nègre et un blanc adultes est bien plus grande qu'entre deux enfants de ces deux races.

Caractères distinctifs. — La capacité du crâne est plus faible chez les singes anthropomorphes que chez l'homme : le plus faible chiffre observé chez l'homme par Morton a été de 970 centimètres cubes; le plus grand chiffre trouvé chez le gorille est de 539 centimètres cubes; il y a donc entre les deux une différence de 431 centimètres cubes; mais cette différence perd de son importance si on considère qu'on a trouvé des crânes

chez les anthropomorphes, sauf dans le jeune âge où il peut atteindre 60 degrés; dans le chrysothrix il monte à 65 ou 66 degrés. L'angle alvéolo-condylien ⁽¹⁾, très-voisin de 0 degré chez l'homme, est de plus de 19 degrés en moyenne chez le gorille. Quant à l'angle de Daubenton ⁽²⁾, il est trop variable pour fournir un caractère distinctif. (Broca.)

On a voulu faire de l'absence de l'os intermaxillaire une caractéristique de l'homme; mais il est bien prouvé aujourd'hui, par les recherches de Goethe et de Vicq-d'Azyr, confirmées par les observations modernes, que cet os intermaxillaire existe aussi chez lui; seulement sa soudure est plus précoce.

L'ordre de soudure des sutures crâniennes présente aussi quelques différences: chez l'homme, les sutures de la base du crâne se ferment avant les sutures de la voûte, spécialement la suture frontale; ce serait le contraire chez les singes anthropomorphes; la suture frontale se fermerait très-vite, arrêtant ainsi le développement du cerveau, et les sutures de la base, restant plus longtemps ouvertes, permettraient le développement prédominant de la face.

La dentition offre aussi quelques faits à signaler. Les canines sont saillantes, en forme de défenses, et se placent dans un intervalle (*barre* ou *diastème*) de l'arcade dentaire opposée. L'éruption des dents persistantes ne se ferait pas non plus dans le même ordre que chez l'homme; chez le gorille, les canines paraissent après la deuxième et la troisième molaire, tandis que chez l'homme elles paraissent avant; mais ce caractère est loin d'être constant.

Les circonvolutions cérébrales sont moins développées chez les anthropomorphes. D'après Bischoff, la disposition des plis encéphaliques ne serait pas la même chez l'orang et chez l'homme, et pour retrouver l'analogie il faudrait comparer le cerveau de l'orang au cerveau d'un fœtus humain de la seconde moitié du huitième mois. En outre, le *bec de l'encéphale*, saillie du lobe antérieur qui correspond à la fossette olfactive, existerait chez les anthropomorphes et ferait défaut chez l'homme. Le cer-

(¹) L'angle alvéolo-condylien est compris entre le plan alvéolo-condylien et le plan déterminé par les deux axes orbitaires.

(²) L'angle de Daubenton ou angle occipital est constitué par deux plans: 1° le plan du trou occipital; 2° un plan qui passe par le bord postérieur du tour occipital et le bord inférieur de l'orbite.

veau des microcéphales, qui présente aussi ce bec de l'encéphale, ressemble beaucoup au cerveau des singes. En résumé, ces caractères distinctifs se réduisent à très-peu de chose et ne justifient pas la dénomination d'archencéphales admise par Owen pour le premier groupe des primates et la séparation de ce groupe d'avec les autres mammifères dans sa classification (1).

La main ressemble à la main humaine; le pouce est seulement plus petit, surtout chez l'orang où il présente cette singularité d'être dépourvu d'ongle; le : de l'orang possède aussi un os surnuméraire, mais la u gorille est tout à fait l'ana- logue de la main de l'homme - en rapproche beaucoup plus, que de celle de l'orang. Les p : flexion de la paume ont une disposition trop variable pou - on puisse en tirer quelques conclusions.

Même ressemblance pour l'ed, avec cette seule différence que l'articulation du gros orl est plus lâche et que le premier metatarsien, au lieu de s'articu avec la face antérieure du pre- mier cunéiforme comme chez - omme, s'articule avec la partie interne de cet os, ce qui permet un certain degré d'écartement, mais non un véritable mouvement d'opposition du gros orteil.

Pour le système musculaire, il y a à signaler chez tous les anthropomorphes un muscle qui fait défaut chez l'homme, sauf dans les cas d'anomalie : c'est un faisceau qui part du tendon du grand dorsal et se rend à l'épitrachée. En outre, le muscle flechisseur propre du pouce est atrophié chez le gorille et le chimpanzé, et manque tout à fait chez l'orang et le gibbon. Le long flechisseur du gros orteil manque aussi chez l'orang, mais il existe chez le gorille et le chimpanzé.

Le gorille, le chimpanzé et l'orang possèdent des sacs laryngiens qui renforcent la voix; mais ce qui atténue la valeur de ce caractère, c'est qu'ils s'implantent sur les ventricules de Morgagni dont ils sont des diverticules et qui existent aussi chez l'homme; c'est qu'ils ne se produisent qu'après la naissance, sous l'influence des efforts vocaux, et qu'enfin ils manquent chez le gibbon.

(1) Owen partage les mammifères en quatre classes : 1° les *archencéphales*, qui comprennent le seul genre homme; 2° les *gyrencéphales*, dont le cerveau est recouvert de circonvolutions; 3° les *hétéroencéphales*, dont le cerveau est lisse; 4° les *lyencéphales*, dont les deux hémisphères ne sont pas réunis par un corps calleux.

Les organes génitaux offrent quelques différences plus marquées. L'os de la verge existe chez tous les anthropomorphes. Le pénis de l'orang s'éloigne le moins du type humain; le gland est bien cylindrique, il est vrai, au lieu d'être conique, mais il est entouré à sa base d'un petit prépuce pourvu d'un frein (Duvernoy). Le clitoris est plus volumineux que dans l'espèce humaine.

Enfin, pour terminer, les proportions des membres supérieurs et inférieurs sont différentes. Voici, d'après Huxley, les longueurs relatives du bras, de la jambe, de la main et du pied, eu égard à la longueur de la colonne vertébrale supposée égale à 100 (comparez à ce sujet la figure 2) :

	Européen.	Boschisman.	Gorille.	Chimpanzé.	Orang.
Colonne vertébrale. .	100	100	100	100	100
Bras.	80	78	115	96	122
Jambe.	117	110	96	90	89
Main.	26	26	36	43	48
Pied.	35	32	41	39	52

Quels sont donc, en résumé, ces caractères distinctifs? Capacité crânienne plus faible; recul du trou occipital; angle facial plus petit; précocité de la suture frontale et retard des sutures de la base; développement des canines; brièveté du pouce; articulation plus lâche du gros orteil; bec de l'encéphale; un muscle de plus et un muscle atrophié; sacs laryngiens; os de la verge; volume du clitoris; différence de proportion des membres. Mais dans tous ces caractères, y en a-t-il un seul qui ait effectivement une importance capitale? Pour résoudre la question, il suffira de mettre en regard les caractères, bien autrement importants, qui distinguent les singes inférieurs des singes anthropomorphes. Crâne plus éloigné du crâne des singes anthropomorphes que celui-ci ne l'est du crâne humain (sauf pour le chrysothrix); formule dentaire différente; 24 dents de lait au lieu de 20; 36 dents permanentes au lieu de 32; squelette constitué pour la station horizontale et la marche quadrupède; main appuyant par sa face palmaire dans la marche; absence des quatre caractères cérébraux indiqués plus haut; absence d'appendice vermiculaire; foie et poumon construits sur un tout autre type; présence du lobe pulmonaire azygos.

observées ou à en produire de nouvelles, le physiologiste cherche à déterminer dans quelles conditions, sous quelles influences se produit tel ou tel acte vital, et pour cela il reproduit les conditions, il fait agir les influences qu'il suppose pouvoir déterminer cet acte ou en faire varier le caractère; en un mot, il *expérimente*. C'est à l'expérimentation que la physiologie est redevable des progrès immenses qu'elle a faits dans ces dernières années, et quels que soient les reproches faits à certaines méthodes d'expérimentation et en particulier aux vivisections, il y a là une nécessité qui s'impose aujourd'hui, comme le massacre des animaux de boucherie est un résultat nécessaire de l'alimentation humaine. Les vivisections sont aussi indispensables aux progrès de la physiologie que les autopsies aux progrès de la médecine. On peut proscrire et attaquer l'abus, mais on doit en permettre l'usage, sinon toute recherche scientifique deviendrait impossible.

Bibliographie. — HUXLEY : *La place de l'homme dans la nature*; traduit par DALLY, 1868. — BROCA : *L'ordre des primates* (Bulletins de la Société d'anthropologie, 1869.) — CL. BERNARD : *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, 1865.

De ces éléments, les plus importants sont l'hydrogène, le carbone, l'azote, l'oxygène, le soufre, le phosphore, le chlore, le sodium, le potassium, le calcium et le fer. Les proportions relatives de ces divers principes dans le corps humain n'ont pas encore été déterminées exactement; il n'existe pas d'analyse quantitative d'un organisme animal comme il en a été fait pour les plantes.

2. — CORPS COMPOSÉS.

1° CORPS COMPOSÉS INORGANIQUES.

a. — Eau.

L'eau forme environ les deux tiers du poids du corps; un homme du poids de 75 kilos contient 52 kilogrammes d'eau. Sa quantité varie, du reste, suivant les organes. Le tableau suivant, emprunté en partie à Gorup-Besanez, donne la quantité d'eau (pour 1,000) contenue dans les principaux organes et liquides du corps humain :

Organes.	Eau.	Parties solides.	Liquides.	Eau.	Parties solides.
Émail	2	998	Sang.	791	209
Ivoire	100	900	Bile	864	136
Os	220	780	Lait	891	109
Graisse	299	701	Plasma sanguin. . .	901	99
Tissu élastique . . .	496	504	Chyle.	928	72
Cartilages	550	450	Lymphé.	958	42
Foie.	693	317	Sérosité.	959	41
Moelle.	697	303	Suc gastrique . . .	973	27
Peau	720	280	Suc intestinal . . .	975	25
Cerveau	750	250	Larmes.	982	18
Muscles	757	243	Humeur aqueuse . .	986	14
Rate	758	242	Liquide cérébro-spi-		
Thymus	770	230	nal.	988	12
Tissu connectif . . .	796	204	Salive	995	5
Reins	827	173	Sueur.	995	5
Corps vitré.	987	13			

Phosphate de magnésium	$\left\{ \begin{array}{l} \text{PbMg}^3\text{O}^4 \\ \text{PhMg}^2\text{HO}^4 \end{array} \right\}$	Tous les tissus et liquides (traces), surtout muscles et thymus.
Sulfate de sodium	SO^4Na^2	La plupart des tissus et des liquides (sauf le lait, la bile et le suc gastrique).
Sulfate de potassium	SO^4K	La plupart des tissus et des liquides (sauf le lait, la bile et le suc gastrique).
Hyposulfite de sodium	$\text{S}^2\text{O}^3\text{Na}$	Urine (chat et chiens; Schmiedeberg).
Hyposulfite de potassium	$\text{S}^2\text{O}^3\text{K}$	Urine (chat et chiens; Schmiedeberg).

Le plus important de ces sels est le chlorure de sodium. Le corps humain en contient environ 200 grammes. Le tableau suivant donne, d'après Lehmann, la quantité p. 100 de chlorure de sodium dans les principaux liquides de l'organisme :

Sang	0,421 %	Urine	0,332 %
Lymph	0,412	Salive	0,153
Chyle	0,531	Suc gastrique (chien)	0,126
Bile	0,364	Lait (femme)	0,087

2° COMPOSÉS ORGANIQUES.

a. — Composés organiques non azotés.

1. — ACIDES ORGANIQUES.

A. carbonique	CO^2	Sang et la plupart des liquides (absorbé à l'état de gaz); os et dents.
— formique	CH^2O^2	Rate; muscles; pancréas; thymus; sueur; sang; urine.
— acétique	$\text{C}^2\text{H}^4\text{O}^2$	Rate; muscles.
— propionique	$\text{C}^3\text{H}^6\text{O}^2$	Sueur; bile.
— butyrique	$\text{C}^4\text{H}^8\text{O}^2$	Rate; muscles; sueur; urine; sang; contenu de l'estomac et des intestins; excréments.
— caproïque	$\text{C}^6\text{H}^{12}\text{O}^2$	Sueur.
— caprylique	$\text{C}^8\text{H}^{16}\text{O}^2$	Sueur.
— caprique	$\text{C}^{10}\text{H}^{20}\text{O}^2$	Sueur.
— palmitique	$\text{C}^{16}\text{H}^{32}\text{O}^2$	Graisse; sérum du sang.

IV. — ALCOOLS ET AUTRES CORPS.

Alcool.	C^2H^6O . . .	Urine (Béchamp).
Glycérine	$C^3H^8O^3$. .	Graisses.
Phénol.	C^6H^6O . .	Urine (Hoppe-Seyler).
Cholestérine . . .	$C^{26}H^{44}O + H^2O$	Substance nerveuse; sang; presque tous les liquides.
Excrétine	$C^{30}H^{36}O(?)$. .	Excréments.
Dyslisine	$C^{24}H^{36}O^3$. .	Excréments.

b. — Composés organiques azotés.

I. — ACIDES.

A. oxalurique. . .	$C^2H^4Az^2O^4$. .	Urine (Schunk et Neubauer).
— urique	$C^5H^4Az^4O^3$. .	Foie; rate; poumons; pancréas; cerveau; sang; urine.
— hippurique. . .	$C^9H^8AzO^3$. .	Urine des herbivores.
— inosique	$C^{10}H^{14}Az^4O^{11}$.	Suc musculaire.
— cryptophanique.	$C^{10}H^{10}Az^2O^{10}$.	Urine.
— glycocholique. .	$C^{26}H^{43}AzO^6$.	Bile; urine (traces; Dragendorff).
— taurocholique. .	$C^{26}H^{45}AzSO^7$.	Bile; urine (traces; Dragendorff).
— sulfocyanhydrique	$CAzHS$. .	Salive parotidienne.

II. — BASES, AMIDES ET CORPS NEUTRES.

Urée	CH^4Az^2O . .	Urine; sang; transsudats; lymphe; foie; sueur.
Créatinine. . . .	$C^4H^7Az^3O$. .	Urine.
Sarcine	$C^3H^4Az^4O$. .	Muscles; rate; foie; capsules surrénales.
Guanine.	$C^5H^5Az^3O$. .	Pancréas; foie.
Créatine.	$C^4H^6Az^3O^2$. .	Muscles; substance nerveuse; sang; transsudats.
Xanthine	$C^5H^4Az^4O^2$. .	Urine; foie; rate; pancréas; thymus; cerveau; muscles.
Leucine.	$C^6H^{13}AzO^2$. .	Pancréas; rate; thymus; thyroïde; glandes salivaires; foie; reins; capsules surrénales; substance nerveuse; glandes lymphatiques.

IV. — MATIÈRES COLORANTES.

Hématine	$C^{90}H^{102}Az^{82}Fe^3O^{18} (?)$	Sang.
Bilirubine	$C^{16}H^{16}Az^2O^3$	Bile.
Biliverdine	$C^{16}H^{20}Az^2O^3$	Bile.
Urobiline	$C^{32}H^{40}Az^1O^7$	Urine; excréments.
Indican	$C^{20}H^{31}AzO^{17}$	Urine; sueur.
Lutéine	(?)	Vitellus; corps jaunes; matière colorante jaune de la graisse et du sérum (?).
Mélarine	(?)	Pigment.

V. — SUBSTANCES ALBUMINOÏDES.

Albumine du sérum . . .	Sang; lymph; chyle; sérosité; suc musculaire; colostrum.
Albumine de l'œuf.	
Vitelline.	Vitellus; cristallin.
Myosine.	Suc musculaire; protoplasma.
Fibrinogène	Plasma sanguin et lymphatique; sérosités.
Paraglobuline.	Sérum; plasma; globules sanguins; lymph; chyle; sérosité (quelquefois); cristallin.
Fibrine	Sang; lymph; chyle.
Caséine.	Lait: jaune de l'œuf; sérum; chyle; suc musculaire.
Syntonine	Tissu musculaire.
Substance amyloïde . . .	Cerveau; moelle.
Peptones	Contenu de l'estomac et de l'intestin; produit de la digestion des albuminoïdes.
Hémoglobine.	Globules rouges; muscles (?).
Mucine	Certaines sécrétions.
Kératine.	Epithélium; épiderme; ongles; cheveux.
Collagène et glutine . . .	Os; tissu connectif.
Chondrigène et chondrine.	Cartilages.

Les matières albuminoïdes se répartissent ainsi dans les différents liquides et tissus de l'organisme (Gorup-Besanez) :

Liquides.	Pour 1,000 parties.	Tissus.	Pour 1,000 parties.
Liquide cérébro-spinal.	0,9	Moelle.	74,9
Humeur aqueuse . . .	1,4	Cerveau	86,3

R. de Strassburg. — Tremper un morceau de papier à filtrer dans le liquide (urine, par ex.) mélangé d'abord de sucre de canne; le laisser sécher; faire tomber dessus une goutte d'acide sulfurique concentré pur qu'on laisse couler; après $\frac{1}{4}$ de minute, à la lumière transmise, on a une belle coloration violette.

Les sels alcalins des acides biliaires, tels qu'on les trouve dans la bile, dissolvent la cholestérine; ils détruisent les globules sanguins et ont la propriété de dissoudre et d'émulsionner les graisses.

Acide butyrique. — $C^4H^8O^2$. Liquide incolore, d'odeur vinaigrée (de beurre rance, quand il est impur); soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther; volatil à 160° . Il précipite de ses solutions concentrées par le chlorure de calcium en gouttes huileuses. Chauffé avec de l'alcool et de l'acide sulfurique, il donne du butyrate d'éthyle (odeur de fraise).

Acide caprique. — $C^{10}H^{20}O^2$. Solide, d'odeur de sueur; fusible à $+70^\circ$; un peu soluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caprate de baryte est à peu près insoluble dans l'eau froide.

Acide caproïque. — $C^6H^{12}O^2$. Liquide incolore, huileux, d'odeur de sueur; volatil à 202° ; presque insoluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caproate de baryte se dissout dans 12 parties d'eau froide.

Acide caprylique. — $C^8H^{16}O^2$. Liquide onctueux, d'odeur de sueur; cristallise à $+12^\circ$; insoluble dans l'eau; miscible à l'alcool et à l'éther en toutes proportions; le caprylate de baryte est soluble dans 125 parties d'eau froide.

Acide carbolique. — Voir: *Phénol*.

Acide cérébrique. — Voir: *Cérébrine*.

Acide cholalique. — $C^{21}H^{40}O^3$. Amorphe ou cristallise en prismes quadrangulaires (solution éthérée) ou en octaèdres ou tétraèdres (solution alcoolique). Chauffé à 190° à 200° , il se décompose en dyslysine et en eau: $C^{21}H^{40}O^3 = C^{21}H^{36}O^3 + 2H^2O$.

Acide cholélique. — Voir: *Acide taurocholique*.

Acide cholique. — Voir: *Acide glycocholique*.

Acide chololdique. — $C^{21}H^{38}O^3$. Serait un mélange d'acide cholalique, de dyslysine et d'acides biliaires. (Hoppe-Seyler.)

Acide cryptophanique. — $C^{10}H^{14}Az^2O^{10}$. Acide faible, transparent, peu coloré, auquel Tüdichum attribue l'acidité des urines.

Acide damalurique. — $C^7H^{12}O^2$. Liquide huileux, plus dense que l'eau; insoluble dans ce liquide. (Stædeler.)

Acide excrétolelique. — Substance granuleuse, de couleur olive, d'odeur de fécule; fond de 25° à 26° ; insoluble dans l'eau; soluble dans l'alcool chaud et l'éther; se dépose quand on abandonne au-dessous de 0° une solution alcoolique d'excrétine.

Acide formique. — CH^2O^2 . Liquide incolore, d'odeur forte et

soluble dans l'eau et l'alcool, surtout chaud; à peu près insoluble dans l'éther. Par l'action des acides, il se dédouble en acide benzoïque et glyocolle : $C^6H^5AzO^3 + H^2O = C^6H^5O^2 + C^2H^3AzO^3$. On l'obtient par synthèse avec le chlorure de benzoïle et la glyocolle zincique : $C^6H^5ClO + C^2H^3ZnAzO^2 = C^6H^5AzO^3 + ZnCl$. (Dessaignes.)

Réactif de Lücke. — Évaporer la substance à examiner avec un excès d'acide nitrique et chauffer le résidu; il se dégage une odeur d'amandes amères; cette réaction lui est commune avec l'acide benzoïque.

Acide inosique. — $C^{10}H^{14}Az^4O^{11}$ (?). Liquide sirupeux, acide, d'odeur de bouillon; soluble dans l'eau; solidifié par l'alcool. Ses sels sont cristallisables, solubles dans l'eau (sauf les sels métalliques), insolubles dans l'alcool et l'éther.

Acide lactique. — $C^3H^5O^3$. Liquide sirupeux, incolore, inodore, de saveur fortement acide; soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Chauffé avec du carbonate de chaux ou de zinc, il donne des lactates de chaux et de zinc reconnaissables à leurs cristaux: cristaux prismatiques à 4 pans, avec facettes sur les angles (zinc); sphérules composées d'aiguilles très-fines (chaux).

Acide margarique. — Mélange d'acide palmitique et d'acide stéarique.

Acide oléique. — $C^{18}H^{34}O^2$. Liquide huileux, jaunâtre, inodore, insipide, insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'éther et le chloroforme; fond à $+ 14^\circ$; à $+ 4^\circ$ se prend en masse cristalline. L'oléate de plomb est soluble dans l'éther (caractère distinctif des oléates et des stéarates).

Acide oxalique. — $C^2H^2O^4$. Cristaux blancs, de saveur aigre, solubles dans l'eau. Décomposé par l'acide sulfurique en acide carbonique et en oxyde de carbone : $C^2H^2O^4 = CO^2 + CO + H^2O$. L'oxalate de chaux cristallise en octaèdres tétragones et qui rappellent par leur forme une enveloppe de lettre (*fig. 5*, page 55).

L'acide oxalique peut être formé par l'oxydation incomplète de l'allantoïne et de l'acide urique.

Acide oxalurique. — $C^3H^4Az^2O^4$. Cristaux fins en masse pulvérulente. L'oxalurate d'ammoniaque est peu soluble dans l'eau froide, soluble dans l'eau chaude; le nitrate d'argent en précipite des aiguilles soyeuses d'oxalurate d'argent, solubles dans l'eau chaude et dans l'ammoniaque.

Acide palmitique. — $C^{16}H^{32}O^2$. En masses cristallines, inodore, insipide; fusible à $+ 62^\circ$; insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool; très-soluble dans l'alcool bouillant, l'éther et le chloroforme.

Acide paralactique. — $C^3H^5O^3$. Isomère de l'acide lactique. Il s'en distingue par la solubilité de ses sels qui contiennent moins d'eau de cristallisation; le paralactate de chaux est moins soluble que le lactate; le paralactate de zinc, par contre, est plus soluble.

R. de Böttger. — Il bleuit un papier imprégné de teinture de gayac, puis trempé après dessiccation dans une solution de sulfate de cuivre au $\frac{2}{1000}$.

Acide taurocholique. — $C^{26}H^{15}AzSO^7$. Poudre blanche, amorphe, très-amère, soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther. Par l'eau de baryte et la chaleur, il se dédouble en acide cholalique et taurine : $C^{26}H^{15}AzSO^7 + H^2O = C^{24}H^{10}O^5 + C^2H^7AzSO^3$. Par les acides il se décompose en acide cholordique et taurine : $C^{26}H^{15}AzSO^7 = C^{24}H^{10}O^4 + C^2H^7AzSO^3$. Les taurocholates alcalins sont neutres, d'une saveur sucrée, puis amère, solubles dans l'eau et dans l'alcool.

Acide taurylique. — C^7H^6O . Isomère de l'alcool benzilique. Se distingue du phénol par son plus haut point d'ébullition et parce qu'il se solidifie en masse cristalline par l'acide sulfurique concentré. (Stædelcr.)

Acide urique. — $C^5H^4Az^4O^3$. Poudre cristalline; incolore quand il est pur, mais ordinairement coloré en jaune ou en brun. Cristaux microscopiques; tables rhomboédriques, prismes à 4 pans ou lames à 6 côtés (*fig. 6*). Insipide, inodore; très-peu soluble dans l'eau; insoluble dans l'alcool et dans l'éther.

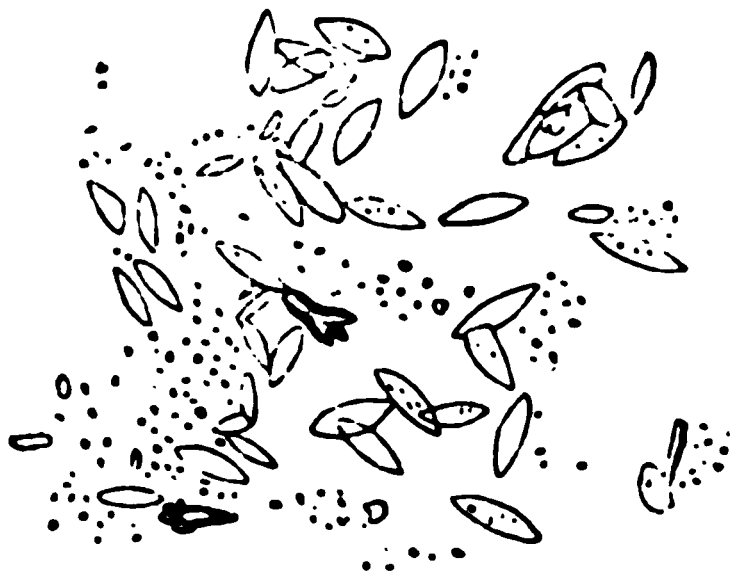


Fig. 6. — Acide urique précipité par l'acide acétique.

Transformations de l'acide urique. — Par l'eau bromée il se transforme en urée et alloxane : $C^5H^4Az^4O^3 + Br^2 + 2H^2O = CH^1Az^2O + C^4H^2Az^2O^4 + 2HBr$ (E. Hardy); l'alloxane donne par l'oxydation de l'urée et de l'acide carbonique : $C^4H^2Az^2O^4 + 2O + H^2O = CH^1Az^2O + 3CO^2$. Bouilli avec de l'eau et de l'oxyde de plomb, l'acide urique donne de l'allantoïne et de l'acide carbonique : $C^5H^4Az^4O^3 + H^2O + O = C^4H^3Az^3O^3 + CO^2$.

Dans de certaines conditions d'oxydation, il donne de l'acide oxalurique, $C^5H^4Az^4O^4$. L'ozone le transforme directement en urée, acide carbonique et ammoniacque. (Gorup-Besanez.)

Les *urates* sont en général acides et peu solubles. Les acides

en albuminate basique. Elle se dissout dans l'acide nitrique concentré. La plupart des sels métalliques la précipitent. En la privant de tous ses sels par le dialyseur, elle ne précipite plus par la chaleur et par l'alcool (Aronstein), mais elle précipite par l'éther.

Privée de ses sels volatils, et spécialement du carbonate d'ammoniaque, par le vide absolu, elle se transforme en une substance identique aux substances fibrinogène et fibrino-plastique. Maintenu plusieurs jours dans le vide à des températures de 40° à 60°, elle abandonne des quantités considérables de gaz consistant surtout en acide carbonique, hydrogène, et une petite quantité d'azote. (Gréhant ; fermentation butyrique ?)

Elle dévie à gauche la lumière polarisée.

Albuminoïdes (matières). — *Caractères généraux des matières albuminoïdes.* — Elles contiennent toutes de l'azote et du soufre ; leur constitution chimique oscille autour de la moyenne suivante : $C^{54}H^{74}Az^{16}O^{22}S^1$ p. 100. Amorphes ; solubilité dans l'eau et les acides variable ; ordinairement solubles dans les alcalis ; insolubles presque toutes dans l'alcool ; insolubles dans l'éther. Les solutions aqueuses sont neutres. Elles sont fixes ; elles brûlent avec une odeur de corne brûlée en dégageant des produits ammoniacaux et laissent un résidu de cendres qui consiste surtout en phosphate de chaux. Abandonnées à elles-mêmes, elles se décomposent très-facilement. Calcinées avec la potasse ou bouillies avec l'acide sulfurique, elles fournissent de la leucine et de la tyrosine. L'acide azotique concentré, à chaud, les transforme en un corps jaune, acide xanthoprotéique. Traitées par les acides, les alcalis, ou par la décomposition putride, elles donnent les produits de décomposition suivants : acides gras volatils, acides oxalique, acétique, formique, valérianique, fumarique, asparagique, leucine, tyrosine, ammoniacque, etc. ; par les oxydants, acides formique, acétique, propionique, butyrique, valérique, caprique, benzoïque, les aldéhydes de ces acides, bases organiques volatiles, acétonitrile, valéronitrile et propionitrile.

Elles dévient à gauche la lumière polarisée.

Elles sont précipitées de leurs solutions par un excès d'acides minéraux forts, par l'acide acétique ou chlorhydrique et le ferrocyanure de potassium, l'acétate basique de plomb, le bichlorure de mercure, le tannin, le carbonate de potasse en poudre.

Réactions des matières albuminoïdes. — 1° Chauffer le liquide et ajouter de l'acide nitrique jusqu'à réaction fortement acide ; il se fait un précipité qui ne change pas par l'addition d'acide

2° Ajouter de l'acide acétique jusqu'à réaction fortement acide, mélanger avec un volume égal d'une solution concentrée de sulfate de soude et chauffer jusqu'à l'ébullition ; les albuminoïdes sont précipités.

Albuminose. — Voir : *Peptones*.

Alcaptone. — Corps amorphe, jaune pâle, analogue à la glucose, soluble dans l'eau et dans l'alcool ; réduit l'oxyde de cuivre ; chauffé avec la chaux sodée, dégage de l'ammoniaque.

Alcool. — C^2H^6O . Pour déceler des traces d'alcool dans un liquide, on le distille ; le produit est condensé dans un récipient refroidi et redistillé avec du carbonate de potasse sec. On fait alors avec quelques gouttes de produit les essais suivants :

1° On a une coloration verte par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique.

2° On promène sur les parois du ballon condensateur 1 à 3 centimètres cubes d'acide sulfurique concentré et 2 à 3 gouttes d'acide butyrique ; il se dégage une odeur de fraise (butyrate d'éthyle).

Allantoïne. — $C^4H^6Az^1O^3$. Petits cristaux transparents, prismatiques, inodores, insipides ; neutre ; soluble dans l'eau froide (160 parties) ; insoluble dans l'alcool froid et l'éther ; soluble dans l'eau et dans l'alcool bouillants et dans les carbonates alcalins. La solution ammoniacale de nitrate d'argent en précipite des flocons blancs (combinaison d'oxyde d'argent et d'allantoïne) qui se transforment en grains par le repos ; l'argent se réduit si on chauffe ce précipité à 100°. L'ozone transforme les solutions alcalines d'allantoïne en urée et acide urique. Sous l'influence des alcalis, l'allantoïne se double en acide oxalique et ammoniaque : $C^4H^6Az^1O^3 + 5H^2O = 2C^2H^2O^4 + 4AzH^3$. Chauffée avec l'eau acidulée, elle se transforme en urée et acide allanturique : $C^4H^6Az^1O^3 + H^2O = CH^1Az^2O + C^3H^4Az^2O^3$; l'acide allanturique lui-même, en s'oxydant, donne de l'acide oxalique et de l'urée : $C^3H^4Az^2O^3 + H^2O + O = C^2H^2O^4 + CH^1Az^2O$.

Ammoniaque. — AzH^3 . Ses sels donnent avec le *réactif de Nessler* un précipité brun ou une coloration jaune. Le réactif de Nessler se prépare de la façon suivante : On dissout 2 grammes d'iodure de potassium dans 50 centimètres cubes d'eau et on ajoute du biiodure mercurique jusqu'à ce qu'il ne s'en dissolve plus ; on laisse refroidir ; on étend de 20 centimètres cubes d'eau ; on mélange 2 parties de cette solution à 3 parties d'une solution concentrée de potasse et on filtre.

Amyloïde (matière). — $C^{33}H^{48}Az^{12}O^{24}S$ (?). Amorphe, insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. La teinture d'iode la colore en rouge-brun foncé, ce qui la rapproche de la matière glycogène ; mais elle s'en distingue parce qu'avec l'acide sulfurique et la chaleur, elle ne donne jamais de glucose. Par l'acide sulfurique concentré et l'iode elle donne une coloration violette. Elle appartient aux substances albuminoïdes et ne doit pas être confondue avec les corpuscules amyloïdes de la substance nerveuse qui sont analogues à l'amidon et bleuissent par l'iode.

Bilifuscine. — $C^{16}H^{20}Az^2O^4$ Poudre brune, presque noire, brillante,

compose que très-lentement et incomplètement par la coction avec l'eau de baryte (caractère distinctif d'avec la *lécithine*).

Cérébrote de Couerbe. Parait être du *protagon*.

Cholestérine. — $C^{26}H^{44}O + H^2O$. Cristallise en tables minces, rhomboédriques, nacrées, à bords souvent irrégulièrement échancrés. Neutre, insipide, inodore ; fond à 135° ; insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool bouillant, l'éther et le chloroforme, non saponifiable par la potasse. Elle se colore en rouge par l'acide sulfurique et en bleu ou en violet par l'iode additionné d'acide sulfurique concentré.

Réactif. — Dissoudre dans le chloroforme ; ajouter un égal volume d'acide sulfurique concentré et agiter ; le liquide prend une couleur rouge-sang, puis rouge-cerise pourpre qui persiste plusieurs jours.

Cholétéline. — Produit ultime d'oxydation de la bilirubine. Probablement identique à l'urobiline.

Choline. — $C^5H^{15}AzO^2$. Produit de décomposition des acides biliaires. Identique à la *neurine*.

Chondrigène (substance). — $C^{12.9}H^{6.6}Az^{14.3}S^{0.4}O^{28.6} \%$. Substance fondamentale des cartilages ; se gonfle dans l'eau ; par l'ébullition dans l'eau se transforme en *chondrine*.

Chondrine. — Même composition que la substance chondrigène. Soluble dans l'eau chaude ; se prend en gelée par le refroidissement ; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Ses solutions précipitent par l'alcool ; elles précipitent aussi par les acides minéraux, l'acide acétique, l'alun, le perchlorure de fer, l'acétate de plomb, l'azotate d'argent ; le précipité est soluble dans un excès de réactif. Le précipité par l'acide acétique est redissous par les sels alcalins, ce qui distingue la chondrine des matières albuminoïdes. L'acide chlorhydrique à chaud, le suc gastrique la décomposent en *chondroglycose* et une matière albuminoïde. Elle contient moins d'azote que les matières albuminoïdes et les substances collagènes.

Chondroglycose. — Produit de décomposition de la chondrine par l'ébullition avec l'acide chlorhydrique et la digestion par le suc gastrique. Ne cristallise pas ; soluble dans l'eau et l'alcool ; fermente facilement ; réduit l'oxyde de cuivre.

Collagène (substance). — Substance fondamentale des os et du tissu connectif. Elle est ramollie par l'eau froide, mais ne s'y gonfle pas. L'ébullition la transforme en gélatine. Elle se gonfle à froid dans les acides étendus. Elle est plus pauvre en carbone et plus riche en azote que les matières albuminoïdes.

Colloïdine. — $C^9H^{14}AzO^4$ (Gauthier). Se trouve dans les kystes de l'ovaire. Se distingue de la tyrosine, $C^9H^{11}AzO^3$ par $2H^2O + O$. Elle s'en rapproche par quelques-unes de ses réactions.

Colorante de la bile (matière). — Voir : *Bilirubine*.

Élasticine. — $C^{55.5}H^{7.4}Az^{16.7}O^{20}S\%$ (?). Jaune, insoluble dans l'eau, l'ammoniaque, l'acide acétique, l'alcool. Les solutions concentrées de potasse la dissolvent en la décomposant : la solution n'est pas précipitée par les acides ; la solution neutralisée précipite par le tannin.

Élastine. — Voir : *Élasticine*.

Épidermose. — Insoluble dans l'eau, l'alcool et l'éther ; se gonfle dans l'eau et surtout dans l'acide acétique ; l'acide acétique concentré la dissout à chaud. Chauffée avec de l'acide sulfurique étendu, elle donne de la leucine et de la tyrosine.

Excrétine. — $C^{78}H^{156}SO^2$ (Marcet). — $C^{20}H^{36}O$ (P. Hinterberger). Cristallise en aiguilles blanches soyeuses ; insoluble dans l'eau ; soluble à chaud dans l'alcool et dans l'éther ; neutre.

Ferment diastatique. — Constaté par V. Wittich dans le foie, la bile, les glandes salivaires, le pancréas, la muqueuse de l'estomac et du duodénum, le sérum sanguin, les reins, le cerveau. Il transforme l'amidon en glucose ; n'est pas modifié par la chaleur entre 60° et 80° ; très-diffusible ; décompose l'eau oxygénée.

Ferment invertif. — Existe dans le suc intestinal (Cl. Bernard). Transforme le saccharose en sucre inverti, c'est-à-dire en un mélange de glucose et de lévulose qui réduit la liqueur de Barreswill.

Ferment peptique. — Existerait dans le suc gastrique (O. Hammarsten). Transforme le sucre de lait en acide lactique.

Ferment du sang. — Déterminerait la coagulation de la fibrine. (A. Schmidt.)

Ferments solubles. — Existents dans la salive, le suc gastrique, le suc pancréatique, etc. Précipitent par l'alcool ; le précipité est soluble dans l'eau et dans la glycérine.

Fibrine. — Filaments blancs, amorphes ; insoluble dans l'eau, l'alcool et les acides minéraux ; se gonfle dans les acides étendus et dans les sels alcalins ; soluble dans les acides étendus (acides acétique, lactique, phosphorique), la potasse, les sels alcalins, le chlorure de sodium au $\frac{1}{10}$. Le ferrocyanure de potassium la précipite de ses solutions acides, l'acide acétique de ses solutions alcalines. La fibrine décompose l'eau oxygénée en en dégageant l'oxygène et sans paraître subir de modifications (Thénard). Avec l'eau oxygénée additionnée de quelques gouttes de teinture de gayac, elle donne une coloration bleue. (Schœnbein.)

En soumettant à la dialyse la fibrine salée (solution dans le chlorure de sodium au $\frac{1}{10}$), on obtient une solution qui ressemble tout à fait à une solution d'albumine, sauf qu'elle ne précipite pas par le sulfate de cuivre et le chlorure d'argent ; on y retrouve en outre une deuxième substance incoagulable par la chaleur et qui donne des cendres riches en phosphate de chaux et de magnésie (Gau-

bleu foncé. Évaporée avec de l'acide chlorhydrique, elle donne un composé cristallin, très-soluble dans l'eau et l'alcool. Par la chaleur, la glyocolle se décompose en méthylamine et acide carbonique : $C^2H^3AzO^2 = CH^3Az + CO^2$.

Glycogène (substance). — $C^6H^{10}O^5$. Amorphe, incolore, inodore ; soluble dans l'eau avec opalescence ; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Chauffée avec l'acide chlorhydrique étendu, elle se transforme en dextrine, $C^6H^{10}O^5$, puis en glycose, $C^6H^{12}O^6$. Elle est colorée en violet par l'iode. Elle dissout l'hydrate d'oxyde de cuivre sans le réduire par la chaleur. Elle dévie à droite la lumière polarisée.

Glycose. — $C^6H^{12}O^6$. Amorphe ou cristallisée ; incolore, de saveur sucrée. Peu soluble dans l'eau ; soluble dans l'alcool ; insoluble dans l'éther. Avec la levûre de bière, elle subit la fermentation alcoolique et produit de l'alcool et de l'acide carbonique : $C^6H^{12}O^6 = 2C^2H^6O + 2CO^2$.

Réactions principales (le liquide à examiner doit être d'abord complètement débarrassé de substances albuminoïdes) :

1° *R. de Barreswill.* — Pour préparer la liqueur de Barreswill, on dissout 34^{gr},65 de sulfate de cuivre dans 160 grammes d'eau, on dissout d'autre part 173 grammes de tartrate double de potasse et de soude dans 650 centimètres cubes d'une solution de soude de densité de 1,12 ; le mélange est versé dans un vase jauge à un litre, et on ajoute de l'eau pour compléter le volume d'un litre. La glycose réduit à chaud la liqueur de Barreswill et donne un précipité rouge d'oxyde cuivreux ; le précipité ne se produit que dans un milieu alcalin, la présence de matières colorantes entrave la réaction et nécessite quelquefois la décoloration préalable par le noir animal. On ne doit pas chauffer au delà de 70°.

2° *R. de Moore.* — Ajouter au liquide une solution de potasse ou de soude caustique, jusqu'à réaction fortement alcaline et chauffer jusqu'à ébullition ; s'il contient de la glycose, le liquide se colore en jaune, puis en brun-rouge, puis en brun foncé ou en noir.

3° *Fermentation* avec la levûre de bière.

4° *Examen microscopique des cristaux* de glycose et de la combinaison de glycose et de chlorure de sodium (lames rhombodriques et pyramides cristallines à 4 et 6 pans).

5° *Examen au polarimètre ou au polaristrobomètre.*

Grasses. — $C^{76,5}H^{111,5}O^{111,5}$ %. Solides ou liquides à la température ordinaire ; incolores, mais ordinairement colorées dans le corps humain par des matières colorantes (lutéine ?) qu'elles dissolvent facilement ; insipides ; neutres ; insolubles dans l'eau et l'alcool froid ; solubles dans l'alcool bouillant, l'éther, le chloroforme, les huiles volatiles, les solutions d'albumine et de gélatine, les acides biliaires. Sans action sur la lumière polarisée. Elles sont décomposées par la

Hématoine. — Cristaux bruns, aiguillés, souvent réunis en étoiles, solubles dans l'acide sulfurique et la potasse; dépourvue de fer; extraite du sang traité par le chlore, puis par l'éthyléthcr; présente quatre bandes d'absorption spectrale. (Preyer.)

Hématoline. — Matière dépourvue de fer, produite par l'action de l'acide sulfurique concentré sur la potasse (Hoppe-Seyler); insoluble dans l'acide sulfurique et la potasse.

Hématoporphyrine. — Matière dépourvue de fer, obtenue par l'action de l'acide sulfurique concentré sur l'hématine (Hoppe-Seyler); identique à l'hématoine de Preyer.

Hémine. — Voir : *Hématine*.

Hémoglobine. — Formule empirique : $C^{600}H^{660}Az^{15}FeS^{10}O^{170}$ (Preyer). Cristaux microscopiques rouges; losanges et prismes à 4 pans; soluble dans l'eau en lui donnant une coloration rouge-sang; la chaleur, la présence des alcalis, augmentent sa solubilité; ses solutions se troublent entre 70° et 80°; elle est décomposée par tous les agents qui modifient les substances albuminoïdes; ses produits de décomposition sont : de l'hématine, une matière albuminoïde coagulable (globuline?), des acides formique, butyrique et autres acides gras volatils.

L'hémoglobine forme avec l'oxygène une combinaison, l'*oxyhémoglobine*; 1 gramme d'hémoglobine desséchée absorbe en moyenne 1 centimètre cube d'oxygène; cet oxygène peut en être chassé par le vide, la chaleur, les agents réducteurs (*hémoglobine réduite*); l'oxyhémoglobine cristallise plus facilement que l'hémoglobine réduite.

L'oxygène paraît être ozonisé par l'hémoglobine au moment de sa fixation; si on place une goutte de solution concentrée d'hémoglobine sur du papier imprégné de teinture de gayac, la tache rouge s'entoure d'une auréole bleuâtre. Si on mélange de l'essence de térébenthine récemment distillée et agitée à l'air avec de la teinture de gayac, celle-ci conserve sa teinte jaunâtre; si on ajoute au mélange un peu d'oxyhémoglobine (ou des globules rouges), on voit apparaître la coloration indigo caractéristique de l'ozone; la quinine empêche cette action. L'eau oxygénée décolore très-rapidement l'hémoglobine.

L'oxyde de carbone chasse l'oxygène de sa combinaison avec l'hémoglobine et prend sa place volume à volume (*hémoglobine oxycarbonique*), en la rendant incapable de se combiner de nouveau avec l'oxygène (Cl. Bernard). L'hémoglobine oxycarbonique a la même forme cristalline que l'oxyhémoglobine; elle est plus stable, et n'est plus modifiée par les agents réducteurs. L'hémoglobine se combine encore avec le bioxyde d'azote, l'acétylène, l'acide cyanhydrique.

Caractères spectroscopiques. — Une solution d'oxyhémoglobine

facilité chez les diverses espèces animales ; on peut les classer ainsi sous ce rapport : 1° cristallisation très-difficile : veau, porc, pigeon, grenouille ; 2° cristallisation difficile : homme, singe, lapin, mouton ; 3° cristallisation facile : chat, chien, souris, cheval ; 4° cristallisation très-facile : rat, cabiai. Il y a aussi des différences dans la forme même et dans la solubilité de ces divers cristaux (voir : W. Preyer, *Die Blutkrystalle*).

Hydrobilirubine de Maly. — Voir : *Urobiline*.

Hypoxanthine. — $C^5H^4Az^1O$. Cristaux microscopiques composés de très-fines aiguilles incolores ; peu soluble dans l'eau ; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. L'acide nitrique concentré la transforme en xanthine $C^5H^4Az^1O^2$. Elle donne des combinaisons cristallisables, azotate et chlorhydrate d'hypoxanthine ; ce dernier sel est plus soluble que le chlorhydrate de xanthine.

Indican. — $C^{26}H^{31}AzO^{17}$. Liquide sirupeux, brun clair, de saveur amère et nauséuse, soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Avec les liquides alcalins, il donne la réaction de la glycose. La chaleur le décompose en indicanine et en indiglucine : $C^{26}H^{31}AzO^{17} + H^2O = C^{20}H^{21}AzO^{12} + C^6H^{10}O^6$. Par l'acide chlorhydrique concentré, il se décompose en iudigo et en indiglucine : $C^{26}H^{31}AzO^{17} + 2H^2O = C^6H^5AzO + 3C^6H^{10}O^6$; l'indigo, à son tour, donne en s'hydratant, de la leucine et de l'acide forinique : $C^6H^5AzO + 5H^2O = C^6H^{13}AzO^2 + CH^2O^2 + CO^2$. L'indiglucine a un goût sucré et réduit l'oxyde de cuivre, mais ne donne pas la fermentation alcoolique.

Indol. — C^8H^7Az . Corps blanc, d'une odeur rappelant celle des excréments ; fusible à 52° ; soluble dans l'eau bouillante, l'alcool et l'éther. Base très-faible.

Inosite. — $C^6H^{12}O^6 + 2H^2O$. Gros cristaux incolores, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool et l'éther ; saveur sucrée ; dissout l'hydrate d'oxyde de cuivre sans le réduire par la chaleur.

R. de Schéerer. — Évaporer le liquide avec de l'acide nitrique sur une lame de platine, presque jusqu'à siccité ; reprendre le résidu par l'ammoniaque et une goutte de solution de chlorure de calcium et évaporer doucement jusqu'à siccité ; on a une coloration rosée.

Kératine. — Voir : *Épidermose*.

Lactoprotéine. — Substance albuminoïde qui ne précipite ni par les acides, ni par la chaleur, ni par le bichlorure de mercure, mais seulement par le nitrate acide de mercure azoteux. (Existerait dans le lait [Millon et Commaille] ; douteux.)

Lactone. — $C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O$. Cristaux durs, incolores, brillants, de saveur faiblement sucrée, solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool et dans l'éther ; il réduit l'oxyde de cuivre comme la glucose. Il donne avec la levûre de bière une fermentation alcoolique incomplète. Avec la craie et le fromage, il donne la fermentation lactique. Il dévie à droite la lumière polarisée.

Méthémoglobine. — Produit de décomposition intermédiaire de l'hémoglobine avant d'arriver à l'hématine. Bande d'absorption spectrale entre C et D.

Mucine. — $C^{12},^9H^{16},^8Az^8,^5O^{22},^8$ (Eichwald). Se gonfle dans l'eau sans s'y dissoudre; sa solution précipite par l'alcool, par les acides étendus (pr. soluble dans un excès de réactif), par l'acide acétique (pr. insoluble dans les sels alcalins); elle ne coagule pas par la chaleur. Les solutions neutres ou alcalines de mucine ne sont pas précipitées par le sulfate de cuivre, le bichlorure de mercure, le nitrate d'argent, le perchlorure de fer, etc. Par l'ébullition avec les acides, elle donne de l'albumine acide et du sucre de raisin. (Eichwald.)

Myéline. — Voir : *Lécithine*

Myosine. — Soluble dans les solutions alcalines, spécialement le chlorure de sodium; transformée par les acides étendus en syntonine; sa solution saline coagule par la chaleur, comme l'albumine. L'alcool la précipite.

Naphtylamine. — $C^{10}H^9Az$. Aiguilles incolores, d'odeur désagréable, de saveur amère; soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther.

Neurine. — $C^5H^{15}AzO^2$. Produit de dédoublement de la lécithine et du protagon, sous l'influence des acides et des bases. Identique à la choline.

Névrine. — Voir : *Neurine*.

Nucléine. — Substance du noyau des cellules de pus; très-rapprochée de la mucine et de la matière amyloïde. (Miescher.)

Oléine. — $C^{57}H^{104}O^6$ ou $C^5H^5(C^{16}H^{33}O)^3O^3$. Liquide à la température ordinaire; incolore; facilement oxydable à l'air et se colore en jaune; soluble dans l'alcool absolu; dissout la palmitine et la stéarine. Représente la masse principale de la graisse du corps.

Osséine. — Voir : *Collagène (substance)*.

Oxyhémoglobine. — Voir : *Hémoglobine*.

Palmitine. — $C^{31}H^{52}O^6$ ou $C^5H^5(C^{16}H^{31}O)^3O^3$. Cristallise en fines aiguilles, souvent radiées autour d'un centre (fig. 9. c, page 71); soluble dans l'alcool bouillant et l'éther. Point de fusion très-variable, de 46° à 63°.

Pancréatine. — Voir : *Suc pancréatique*.

Paraglobuline. — Voir : *Fibrinoplastique (substance)*.

Paralbumine. — Se distinguerait de l'albumine du sérum par deux caractères : le précipité obtenu par l'alcool est soluble dans l'eau; elle se coagule incomplètement par la chaleur. (Schérer.)

Parapeptone. — Identique à la *syntonine*.

Pepsine. — Voir : *Suc gastrique*.

Peptones. — Se distinguent des autres substances albuminoïdes par les caractères suivants : elles sont solubles dans l'eau, insolubles dans l'alcool absolu et dans l'éther, mais l'alcool les précipite difficilement de leur solution aqueuse; la chaleur ne les co-

Stéarine. $C^{17}H^{35}O^2$ ou $C^3H^3.C^{14}H^{33}O,^3O^3$. Moins soluble que les autres graisses dans l'alcool bouillant et dans l'éther; cristallise en tables rectangulaires, plus rarement en prismes rhomboédriques. Point de fusion vers 60° .

Stercorine. — Identique à la *séroline*.

Sucres. — Voir: *Alcaplone*, *Chondroglycose*, *Glycose*, *Inosite*, *Lactose*, *Sucre musculaire*.

Sucre de gélatine. — Voir: *Glycocolle*.

Sucre de lait. — Voir: *Lactose*.

Sucre musculaire. — Cristaux peu nets, solubles dans l'eau, moins solubles dans l'alcool que la glycose; réduit l'oxyde de cuivre en solution alcaline. Dévie à droite la lumière polarisée.

Sucre de raisin. — Voir: *Glycose*.

Sulfocyanure de potassium. — Voir: *Acide sulfocyanhydrique*.

Syntonine. — Elle se distingue de l'albumine basique parce que sa solution dans les alcalis étendus et dans les carbonates alcalins est précipitée par la neutralisation même en présence des phosphates alcalins. Elle a deux autres réactions principales: 1° sa solution dans l'eau de chaux est coagulée en partie par la chaleur; 2° la même solution précipite à chaud par le chlorure de calcium, le sulfate de magnésie et le chlorure de sodium.

Taurine. — $C^2H^7AzSO^3$. Cristaux prismatiques, incolores, solubles dans l'eau, surtout chaude, insolubles dans l'alcool absolu et dans l'éther, solubles dans l'esprit de vin chaud; neutre; elle ne précipite pas par l'azotate de baryum.

Triméthylamine. — C^6H^9Az . Isomère avec la propylamine; très-soluble dans l'eau.

Trioléine. — Voir: *Oléine*.

Tripalmitine. — Voir: *Palmitine*.

Tristéarine. — Voir: *Stéarine*.

Tyrosine. — $C^9H^{11}AzO^3$. Cristallise en aiguilles microscopiques soyeuses, incolores (*fig. 9, b*, page 71); insipide, inodore: peu soluble dans l'eau froide; insoluble dans l'alcool et dans l'éther. Brûle en donnant l'odeur de corne brûlée. Par l'oxydation, par le bichromate de potasse et l'acide sulfurique, elle donne de l'essence d'amandes amères, de l'acide cyanhydrique, de l'acide benzoïque, formique, acétique, carbonique.

R. de Piria. — Chauffer la substance avec quelques gouttes d'acide sulfurique concentré dans un verre de montre; quand la solution est refroidie, on y ajoute un peu d'eau et de carbonate de chaux, tant qu'il y a une effervescence; on filtre, on évapore à un petit volume et on ajoute deux gouttes de solution neutre de chlorure de fer. S'il y a de la tyrosine, on a une coloration violette.

R. d'Hoffmann. — Mettre la substance dans un verre avec un peu d'eau; ajouter quelques gouttes d'une solution neutre d'azotate de

Zoamyline. — Voir : *Glycogène (matière)*.

Bibliographie. — DENIS : *Nouvelles Études sur les substances albuminoïdes*, 1856. (Ses premiers travaux datent de 1838.) — E. EICHWALD jun. : *Beiträge zur Chemie der gewebbildenden Substanzen*, 1873. — W. PREYER : *Die Blutkryсталle*, 1871.

CHAPITRE DEUXIÈME

GAZ DU CORPS HUMAIN.

Les gaz du corps humain consistent en oxygène, azote, acide carbonique, hydrogène, hydrogène carboné et hydrogène sulfuré. Ces gaz se présentent sous deux états, soit à l'état libre dans certaines cavités du corps (voies aériennes et voies digestives), soit à l'état de dissolution dans les liquides de l'organisme.

1. — GAZ LIBRES.

L'*oxygène* se rencontre dans les voies pulmonaires et dans le tube intestinal. L'oxygène des poumons provient directement de l'air atmosphérique inspiré ; celui du tube intestinal paraît provenir exclusivement de l'air ingéré avec les aliments et les boissons ; il s'y trouve toujours en très-petite quantité.

L'*azote* existe dans les poumons et dans le tube digestif et, comme l'oxygène, provient de l'air atmosphérique inspiré ou dégluti. Chevreul, chez un supplicié, a trouvé, pour 100 volumes de gaz, 71,45 volumes d'azote dans l'estomac ; 20,8 — 8,85 — 66,60 dans l'intestin grêle ; 67,50 dans le cœcum, 51,03 — 18,40 dans le côlon ; 45,96 dans le rectum. Le gros intestin en contient ordinairement plus que l'intestin grêle, ce qui semble indiquer qu'une partie au moins de l'azote provient d'une autre source que l'air atmosphérique ingéré. E. Ruge l'a trouvé augmenté dans le gros intestin après l'alimentation par la viande.

L'*hydrogène* a été trouvé en très-petite quantité dans l'air expiré ; mais il se rencontre surtout dans le tube intestinal. Chevreul donne les chiffres suivants : estomac, 3,55 p. 100 ; intestin grêle, 5,4 à 11,6 ; gros intestin, 7,5. Sa présence dans l'estomac n'a pu être constatée par d'autres chimistes. Sa proportion dans le gros intestin augmente par le régime lacté ; elle est au minimum après l'ingestion de viande. Pettenkofer l'a trouvé dans les produits gazeux de la perspiration cutanée. L'hydrogène paraît être un produit de décomposition chimique et est dû probable-

La faible quantité d'oxygène de la lymphe et des sécrétions provient probablement de l'oxygène du sérum sanguin qui entre dans la composition de ces liquides et a transsudé à travers la paroi des capillaires.

L'*azote* se rencontre en très-petite proportion dans tous les liquides et probablement à l'état de dissolution simple. Dans le sang, il paraît être contenu dans le sérum, et provient de l'azote de l'air atmosphérique absorbé dans la respiration. Le coefficient d'absorption du sang pour l'azote est plus élevé que celui de l'eau.

L'*acide carbonique* existe dans tous les liquides de l'organisme en très-forte proportion, en moyenne 90 p. 100 environ du volume total des gaz. Dans le sang, presque tout l'acide carbonique se trouve dans le sérum ; mais la question de savoir dans quel état il s'y trouve est loin d'être tranchée complètement. On admet en général qu'une partie de l'acide carbonique se trouve à l'état libre et l'autre en combinaison avec les carbonates et les phosphates du sérum, et on regarde comme acide carbonique libre celui qui s'extrait par le vide seul (voir : analyse des gaz du sang), et acide carbonique combiné celui qui s'extrait par l'addition d'acides (acide tartrique, par exemple). Mais Preyer et Pflüger ont montré que tout l'acide carbonique pouvait être extrait par le vide seul, en prenant la précaution d'absorber la vapeur d'eau et de faire le vide à sec ; l'opération ne réussit qu'avec le sang contenant des globules rouges et non avec le sérum seul ; l'addition de globules rouges au sérum produit le même effet que l'addition d'un acide, c'est-à-dire un nouveau dégagement d'acide carbonique. (Preyer.)

En résumé, l'acide carbonique du plasma paraît contenu sous deux états :

1° A l'état de combinaison avec les carbonates et les phosphates, comme carbonate et bicarbonate de sodium (Sertoli, surtout dans le sang des herbivores), et comme phospho-carbonate de sodium (Fernet) ; cette portion formerait les 15 p. 100 environ du volume total de l'acide carbonique du sérum (Zuntz) ;

2° Libre et en dissolution dans le sérum ; il suit alors la loi d'absorption des gaz. L'alcalinité du sang n'a, du reste, rien qui s'oppose à la présence d'acide carbonique libre dans le sang.

Les globules rouges contiendraient aussi, d'après A. Schmidt, une petite quantité d'acide carbonique, qui pourrait diminuer,

Ces analyses sont empruntées à Mathieu et Urbain (albumine, pus), E. Pflüger (lait, bile, salive, urine), Hammersten (lymphe), Planer (sérosité). Tous les chiffres, pour les rendre comparables, ont été réduits à 0° et à 0,76 de pression. Pour les chiffres des gaz du sang, voir *Sang*. Ces tableaux ne sont donnés que sous toutes réserves ; les analyses de ces différents liquides sont encore trop peu nombreuses pour qu'on puisse en tirer des conclusions positives.

Bibliographie. — FERNET : *Du Rôle des principes élémentaires du sang dans l'absorption ou le dégagement des gaz*, 1858. — PFLÜGER : *Die Kohlensäure des Blutes*, 1864. — MATHIEU et URBAIN : *Des Gaz du sang* (Arch. de Phys., 1871-1872).

CHAPITRE TROISIÈME.

LIQUIDES DU CORPS HUMAIN.

Le sang forme le premier et le plus important des liquides du corps humain ; au sang se rattachent la lymphe et le chyle, qui ne sont que des dérivés du sang, avec addition, la première, de principes provenant des tissus, le second, de principes absorbés dans la digestion. Un second groupe comprend les sérosités et transsudations, liquides exsudés à travers les parois des capillaires dans les cavités du corps et très-analogues comme composition au sérum du sang et de la lymphe. Les liquides qui viennent ensuite constituent les sécrétions et excrétions et on peut les classer, au point de vue de la chimie physiologique, en : 1° sécrétions où dominant les sels et les matières extractives : urine, sueur, larmes, bile ; 2° sécrétions où dominant les matières grasses : lait et matières sébacées et cérumineuses ; 3° sécrétions albumineuses, très-riches en matières albuminoïdes : mucus, sperme, synovie ; 4° sécrétions contenant des substances albuminoïdes particulières ou ferments solubles ; ce groupe comprend les sécrétions dites digestives : salive, suc gastrique, suc pancréatique, suc entérique.

L'étude de ces divers liquides ne sera faite ici qu'au point de vue de la composition et des caractères chimiques ; tout ce qui concerne le mécanisme des sécrétions et leur rôle physiologique sera renvoyé soit au chapitre des sécrétions, soit à celui de la

vasculaire; 2° un courant indirect ou dérivé qui traverse les parois des capillaires et se déverse dans des espaces, espaces lymphatiques (11, 12); là, il est repris, sous le nom de *lymphe*, par

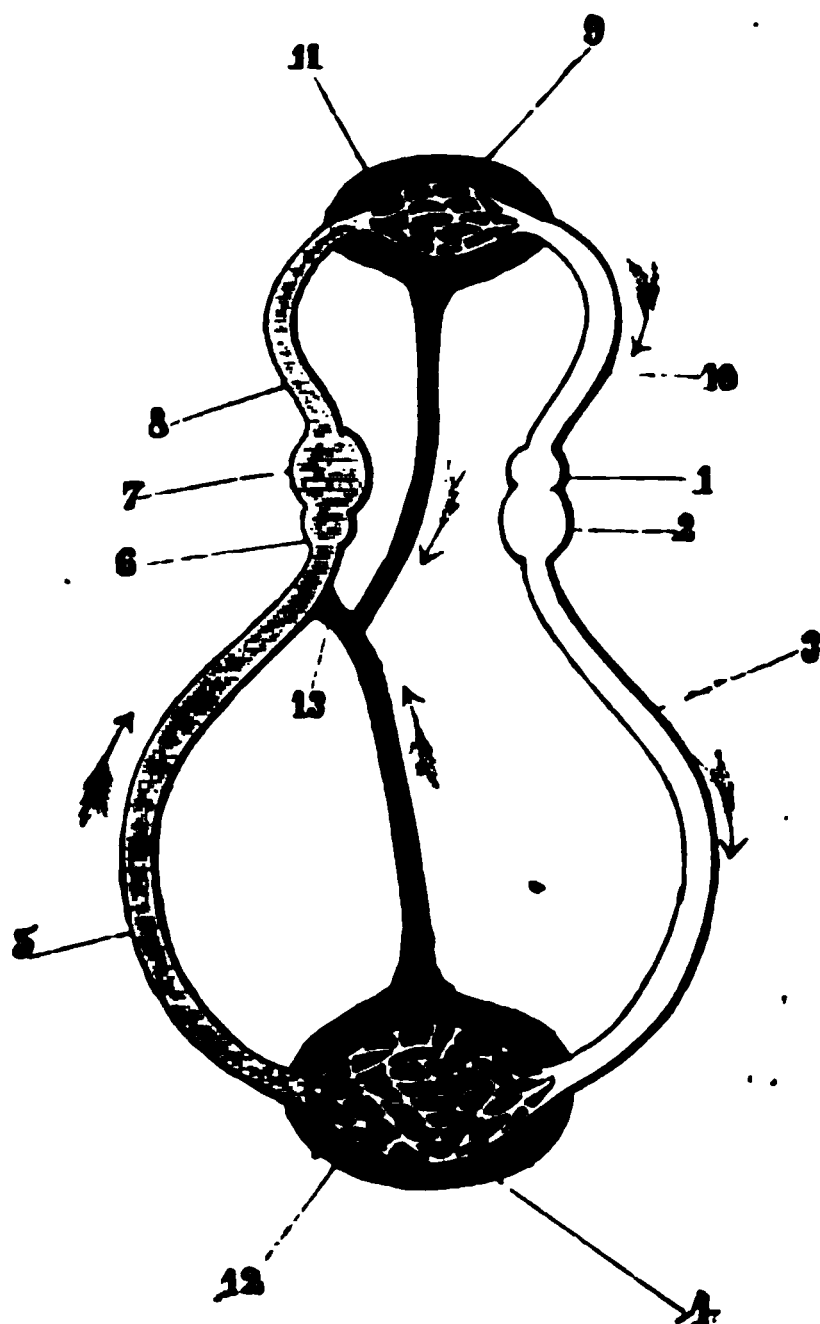


Fig. 12. — Schéma de l'appareil vasculaire. (Voir page 81.)

des vaisseaux particuliers, vaisseaux lymphatiques, qui se rendent (13) dans les veines avant leur abouchement dans le cœur droit. La lymphe représente donc une sorte de filtration du sang, et les lymphatiques un véritable appareil de drainage pour le liquide sanguin. La lymphe qui revient des capillaires de l'intestin, chargée d'une partie des principes absorbés dans la digestion, présente des caractères particuliers et a reçu le nom de

Fig. 12. — 1, oreillette gauche — 2, ventricule gauche. — 3, aorte. — 4, capillaires généraux. — 5, veines. — 6, oreillette droite. — 7, ventricule droit. — 8, artère pulmonaire. — 9, capillaires pulmonaires. — 10, veines pulmonaires. — 11, 12, espaces lymphatiques. — 13, abouchement des lymphatiques.

Le sang est constitué par les parties suivantes :

- | | | |
|--------------------------------|---|-----------|
| 1° Parties solides ou globules | $\left\{ \begin{array}{l} \text{globules rouges.} \\ \text{globules blancs} \end{array} \right\}$ | caillot ; |
| 2° Partie liquide ou plasma | | |
| | $\left\{ \begin{array}{l} \text{fibrine ou partie coagu-} \\ \text{lable.} \\ \text{sérum.} \end{array} \right\}$ | |
| 3° Gaz du sang. | | |

1. — GLOBULES.

1° Globules rouges..

Numération des globules rouges. — 1° *Procédé de Vierordt.* — On étend une petite quantité de sang d'un volume déterminé d'eau sucrée; on fait passer une petite quantité de ce mélange dans un tube capillaire dont on connaît exactement le calibre; on mesure sous le microscope la longueur de la colonne sanguine, ce qui donne le volume du sang; on étend ce sang sur un verre porte-objet dans une solution de gomme qui en séchant conserve les globules, et on n'a plus qu'à les compter à l'aide d'un micromètre quadrillé. — 2° *Procédé de Malassez.* — On fait d'abord un mélange parfaitement titré de sang et de sérum artificiel, soit dans une éprouvette, soit avec le *mélangeur-Potain*. Le sérum artificiel se compose de 1 volume d'une solution de gomme arabique, de densité de 1,020 au pèse-urine, et de 3 volumes d'une solution à parties égales de sulfate de sodium et de chlorure de sodium de même densité. — Le *mélangeur-Potain* représente une sorte de pipette à tube capillaire; dans l'ampoule de la pipette se trouve à l'état de liberté une petite boule de verre; un tube de caoutchouc s'adapte à la partie de la pipette supérieure à l'ampoule; l'autre extrémité du tube est graduée et effilée en pointe et a, entre les deux traits extrêmes de la graduation, une capacité de 1 centième de la capacité totale de l'ampoule. Pour faire un mélange au 1/100^e, on aspire par le tube en caoutchouc une colonne de sang égale à la longueur de la partie graduée et on aspire ensuite du sérum artificiel de façon à remplir l'ampoule; on agite le tout, et la petite boule contenue dans l'ampoule mélange entièrement le sang et le sérum. Ce mélange est alors introduit dans un tube en verre (capillaire artificiel), calibré et cubé, qu'on place sous le microscope et dont on compte les globules sur un micromètre quadrillé. (Arch. de Phys., 1874.)

Les globules rouges, ou hématies (fig. 13, page 85), sont de petits corpuscules de 0^{mm},007 de diamètre sur 0^{mm},0019 d'é-

histologistes. Brücke distingue dans le globule une masse poreuse, sorte de charpente molle, transparente, ou l'*oïkoïde*, et une substance vivante, contractile, colorée, le *zooïde*. Béchamp et Estor les considèrent comme des aggregations de microzymas (voir : *Fermentations*). Les globules rouges sont circulaires chez tous les mammifères, sauf les caméliens; ils sont elliptiques chez les caméliens, les oiseaux, les amphibiens (fig. 14), les reptiles et la plupart des poissons; ils sont circulaires chez les cyclostomes. Leur grandeur est très-variable pour les différentes espèces; les plus considérables se rencontrent chez les amphibiens; ceux du protée ont $\frac{1}{10}$ de millimètre.



Composition du globule sanguin. — *Fig. 14. — Globules du sang de grenouille.*
Le globule sanguin se compose de deux parties, le *stroma*, ou masse globulaire, et la matière colorante ou hémoglobine.

Procédés de séparation du stroma et de la matière colorante. —

1° *Isolément du stroma.* — Pour isoler le stroma de la matière colorante, on peut employer divers procédés; la réfrigération, l'électricité font passer dans le plasma la matière colorante des globules. Si on laisse tomber goutte à goutte du sang défibriné (surtout de cabiai) dans une capsule placée dans un mélange réfrigérant et qu'on chauffe ensuite rapidement à $+20^{\circ}$, le sérum se colore et les globules restent à peu près incolores (Rollet). — 2° *Extraction de l'hémoglobine. Procédé de Preyer.* On prend du sang de cheval ou de chien qu'on laisse se coaguler; on décante le sérum; on lave le caillot à l'eau glacée et on le fait congeler; ou le triture sur un filtre avec de l'eau glacée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne précipite plus que faiblement par le bichlorure de mercure; puis on dissout le globule dans l'eau tiède (40°). Le liquide filtré est recueilli, additionné d'une quantité convenable d'alcool et abandonné dans un mélange réfrigérant; il se dépose des cristaux qu'on lave avec de l'eau glacée alcoolisée et qu'on purifie par une recristallisation. (Pour les détails et pour les autres procédés de préparation, voir les *Traité de chimie spéciale* et surtout le *Manuel de chimie pratique* de E. Rutter, et le mémoire de W. Preyer : *Die Blutkristalle*.)

Le *stroma* globulaire (globuline de Denis), obtenu par le procédé de Rollet, a conservé la forme et la plupart des propriétés des globules rouges; mais les globules ainsi décolorés sont de-

établie, j'ai constaté les faits suivants : le cœur est à ce moment constitué par des cellules polygonales très-régulières, à deux reprises, j'ai vu très-distinctement une de ces cellules, plus réfringente que les autres, se détacher peu à peu des parois du cœur, devenir libre et passer alors, comme globule sanguin, dans la cavité cardiaque où elle se charge de matière colorante Robin et la plupart des auteurs les font provenir directement des cellules du feuillet moyen du blastoderme. La multiplication des globules rouges se fait par scission des globules primitifs, scission qui porte d'abord sur le noyau (*fig. 15, i*) et consécutivement sur



Fig. 15. — Globules du sang de l'embryon humain.

le globule. Le foie paraît jouer un rôle essentiel dans la multiplication des globules rouges. On retrouve encore des globules à noyau sur des fœtus de cinq mois. La figure 15, empruntée à Robin, représente les diverses formes, naturelles ou altérées, qu'on rencontre sur l'embryon humain.

Chez l'adulte, les globules rouges paraissent se former aux dépens des globules blancs, mais jusqu'ici on n'a pu suivre d'une façon précise le mode de transformation, cependant Recklinghausen, en plaçant du sang de grenouille dans des capsules et dans un air saturé d'humidité, a suivi, en dehors de l'organisme, les transformations des globules blancs en globules rouges,

Fig. 15. — Ces globules proviennent d'embryons de 8, 8 et 25 millimètres. — a, b, c, d, e, f, globules normaux vus de face et de profil. — g, globule gonflé par l'eau. — h, i, m, n, globules déformés. — k, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z, déformations plus prononcées. — f, g, h, globules irréguliers. — p, q, globules offrant des prolongements. — s, globule à deux noyaux.

sont très-petits et réduits à un noyau entouré d'une mince couche de protoplasma; on trouve, du reste, toutes les formes de transition jusqu'aux globules parfaits. On rencontre en outre dans le sang des amas irréguliers provenant de l'agglomération de plusieurs globules et des granulations qui ressemblent beaucoup aux *micrococcus* et qui viennent de la dissociation des globules blancs, granulations élémentaires de Zimmermann. (L. Riess.)

Les globules blancs offrent, d'une façon très-nette, le phénomène des mouvements dits *amœboïdes* parce qu'ils ressemblent à ceux des amibes (voir : *Protoplasma*); ces mouvements sont plus prononcés si on chauffe la préparation à la température du corps.

C'est probablement grâce à ces mouvements qu'ils peuvent traverser les pores des membres organiques; ainsi Lortet appliqua la membrane de la chambre à air d'un œuf de poule, dépouillé à ce niveau de sa coquille, sur une plaie en suppuration, et trouva, au bout de quelques heures, les globules blancs du pus (identiques à ceux du sang) à la face interne de la membrane.

Un caractère essentiel de ces globules, c'est leur ubiquité; ils ne sont pas exclusifs au sang, comme les globules rouges; on trouve partout ou à peu près partout, spécialement dans les tissus connectifs, des éléments absolument semblables.

Le mode de formation et la durée des globules blancs sont presque inconnus; tout ce qu'on sait, c'est que les glandes lymphatiques et les organes lymphoïdes (rate, thymus, etc.) sont les lieux principaux de leur production.

2. — PLASMA.

Le plasma sanguin, obtenu comme on l'a indiqué plus haut, en ralentissant la coagulation du sang, est un liquide incolore ou ambré, alcalin, d'une densité de 1,027; au bout de peu de temps, il se prend en une gelée transparente qui se rétracte peu à peu en expulsant le sérum dans lequel nage le caillot de fibrine.

1° Fibrine.

Prép. — Pour obtenir la fibrine, on bat le sang, immédiatement au sortir de la veine, avec un petit balai de brins de baleine; la fibrine se

poxanthine, lécithine, triméthylamine, ammoniacque. Le sucre, à l'état de glycose, s'y trouve partout en petite quantité, sauf dans les racines et le tronc de la veine porte (voir : *Glycogénie*). On y a signalé la présence d'acides gras volatils et non volatils, acétique, lactique, formique, butyrique, caproïque, acide sulfocyanhydrique (Leared); d'après H. Ford, il contiendrait des traces d'alcool provenant de la fermentation de la glycose.

Les sels du sérum sont constitués par la soude, la potasse, la chaux, la magnésie, comme bases, et par des chlorures, des sulfates, des phosphates et des carbonates; il y a prédominance de la soude et des chlorures.

La réaction alcaline du sang provient du bicarbonate de soude et du phosphate tribasique de soude dissous dans le plasma.

3. — GAZ DU SANG.

Extraction des gaz du sang. — Cette extraction peut se faire par plusieurs procédés. Les plus usités sont: l'extraction par le vide, et l'extraction par déplacement gazeux.

A. *Extraction des gaz du sang par le vide.* Ce procédé, employé d'abord par Magnus, puis par Lothar Meyer, utilise le vide barométrique. Mais les résultats étaient peu précis, à cause de l'insuffisance des instruments, et ce ne fut que lorsque Ludwig et ses élèves, Sestchenow, et surtout Pflüger, eurent perfectionné les appareils, que ce procédé fut employé journellement dans les laboratoires. La figure 16 représente l'appareil construit par Alvergniat.

L'appareil (*fig. 16*, page 93) se compose d'un tube fixe, *tube barométrique*, dont la hauteur dépasse la hauteur barométrique; ce tube porte à sa partie supérieure une ampoule, *ampoule barométrique*, et se divise au-dessus de cette ampoule en deux branches, une branche verticale effilée, qui sert au dégagement des gaz et communique avec une cuvette qu'on remplit de mercure; une branche horizontale à laquelle s'adapte, par un caoutchouc à parois épaisses, le tube dans lequel se place le liquide dont on veut extraire les gaz, ou *tube extracteur*. L'extrémité inférieure du tube barométrique fixe communique par un caoutchouc à parois épaisses avec un réservoir à mercure d'une capacité supérieure à celle du reste de l'appareil et qui peut monter ou descendre le long d'une coulisse par le jeu d'une manivelle. Un robinet à trois voies est placé à la jonction du tube barométrique fixe avec ses deux branches; dans la position 1 (*fig. 16*, page 93), il communique par sa branche verticale effilée avec la cuvette supérieure; dans la position 3,

barométrique; on place le robinet en position 3 et une partie de l'air du tube extracteur passe dans l'ampoule barométrique; on met le robinet en position 1 et on élève le réservoir à mercure; l'air s'échappe par le tube de dégagement à mesure que le mercure monte dans le tube barométrique; on replace le robinet dans la position 2 et on répète l'opération jusqu'à ce qu'il ne sorte plus de bulles d'air par le tube de dégagement (huit à dix fois environ); on a alors le vide dans le tube extracteur. Pour avoir le vide plus parfait, Gréhant remplit préalablement le tube extracteur d'eau distillée bouillie qu'on expulse par la même série de manipulations.

2° *Introduction du sang dans le tube extracteur.* — Pour introduire le sang dans le tube extracteur, il faut certaines précautions pour éviter le contact de l'air. On peut mettre directement le vaisseau de l'animal en communication avec un tube relié par un robinet avec le tube extracteur (*fig. 16*, page 93). On peut se servir aussi d'une pipette, ou mieux d'une seringue graduée (*fig. 17*, page 95), avec laquelle on aspire le sang, et on rattache par un tube de caoutchouc rempli de mercure le bout de la pipette ou de la seringue avec le tube de dégagement; on place alors le robinet à trois voies dans la position 1 et on abaisse le réservoir mobile pour faire pénétrer une certaine quantité de sang dans l'ampoule barométrique; on fait alors passer ce sang facilement dans le tube extracteur en mettant le robinet dans la position 3 et élevant le réservoir mobile. L'appareil de Mathieu et Urbain évite une partie des difficultés de cette introduction du sang à l'abri de l'air.

3° *Extraction des gaz du sang.* — On fait le vide par le procédé déjà décrit, et à chaque fois on fait passer les gaz extraits dans une éprouvette graduée placée au-dessus du tube de dégagement. On répète la manipulation jusqu'à ce que le sang ne fournisse plus de gaz. Pour que la mousse due à la viscosité du sang n'aille pas jusqu'à la branche horizontale, on donne au tube extracteur une certaine longueur et on lui adapte un manchon réfrigérant dans lequel coule un courant d'eau froide.

Pour achever de dégager les gaz, on chauffe la partie inférieure du tube extracteur dans de l'eau à $+ 40^{\circ}$ (*fig. 16*, page 93). Enfin, pour extraire l'acide carbonique uni aux alcalis, on ajoute une petite quantité d'une solution bouillie d'acide tartrique et on répète l'opération.

4° *Analyse des gaz.* — L'analyse des gaz recueillis dans l'éprouvette se fait par les méthodes ordinaires usitées en chimie; l'oxygène est absorbé par l'acide pyrogallique ou le phosphore; l'acide carbonique par la potasse; l'azote est dosé par différence.

B. *Extraction de l'oxygène du sang par déplacement; procédé de Cl. Bernard.* — On introduit dans une éprouvette graduée 20 centimètres cubes de sang; on y fait arriver de l'oxyde de carbone et on agite; au bout de 24 heures, l'oxyde de carbone a déplacé tout l'oxygène; on fait ensuite l'analyse des gaz; l'oxygène est absorbé par

sérum sanguin. Cependant quand le sang est très-riche en oxygène, il contient plus d'azote qu'il n'en contiendrait d'après son coefficient d'absorption par l'eau.

4. — DU SANG CONSIDÉRÉ DANS SON ENSEMBLE.

1^o Caractères organoleptiques.

Couleur du sang. — Le sang artériel est rouge vermillon, monochromatique; le sang veineux, sauf quelques exceptions, est dichroïque, rouge foncé en couches épaisses, vert en couches minces. Ces différences de coloration tiennent à l'état même de l'hémoglobine, le sang artériel contenant de l'oxyhémoglobine rouge clair, transparente, le sang veineux contenant une certaine quantité d'hémoglobine réduite. L'oxyde de carbone donne de même à l'hémoglobine et par suite au sang une couleur rutilante.

Les variations de couleur du sang dépendent de deux causes principales: 1^o de l'état de l'hémoglobine et des altérations qu'elle subit, 2^o de l'état des globules et surtout de leur différence de refraction d'avec le pouvoir réfringent du plasma; tout ce qui augmente la différence de réfringence des globules et du plasma rend le sang moins transparent, mais le fait paraître moins foncé à la lumière réfléchie, c'est ainsi qu'agissent les solutions salines qui enlèvent l'eau des globules en les rendant plus réfringents. Tout ce qui diminue la différence de refraction des globules et du plasma a un effet inverse, ainsi l'addition d'eau rend le sang plus foncé et plus transparent.

Le sang veineux n'a pas toujours une coloration foncée. Le sang veineux des glandes en activité, celui des veines rénales, par exemple, est rouge (Cl. Bernard). Chez les animaux refroidis artificiellement, le sang des veines ressemble au sang artériel, le sang des animaux hibernants est plus rouge, quoique la respiration soit ralentie. Le sang artériel peut devenir foncé dans certaines conditions, si on comprime la trachée sur un animal, le sang devient noir presque immédiatement (Bichat), le même phénomène se produit quand on comprime le larynx en mettant une canule dans la trachée pour maintenir la respiration.

Odeur du sang. — L'odeur du sang, *halitus sanguinis*, est

du sang hâte sa coagulation; 2° une température modérée favorise la coagulation.

La coagulation est *retardée* par : 1° l'absence d'oxygène, 2° une température au-dessous de 0°, ou au-dessus de 50°, 3° la saturation du sang par l'acide carbonique, 4° l'addition d'une faible quantité d'alcali et d'acide, ou de certains sels, carbonate de sodium et de potassium, sulfate de sodium, azotate de potassium, chlorure de sodium et de potassium, etc. L'addition de 10 à 20 fois son volume de glycérine empêche la coagulation du sang. (Grunhagen.)

Si l'on connaît assez bien aujourd'hui les conditions de la coagulation, on sait moins pourquoi le sang reste liquide dans les vaisseaux pendant la vie. La paroi des vaisseaux vivants paraît avoir un rôle important dans ce phénomène, en effet, des corps inertes (morceaux de caoutchouc), introduits dans le sang en circulation, se recouvrent d'une couche de fibrine, et on a constaté sur des cœurs de tortue que le sang reste liquide dans ses cavités tant que le cœur bat. D'un autre côté, une expérience curieuse semble indiquer que cette même paroi des vaisseaux fournit une des deux substances qui engendrent la fibrine, la substance fibrinogène; si dans un cœur de tortue, battant encore, on injecte du sang *defibrine*, ce sang, retiré du cœur, se coagule spontanément (Magendie, Brown-Sequard). Dans ce cas, la paralogbuline proviendrait des globules, la substance fibrinogène des parois vasculaires. Mais alors, pourquoi dans le sang en circulation, ces deux corps n'agissent-ils pas l'un sur l'autre ? On a fait là-dessus plusieurs hypothèses :

1° L'ozone détruirait la paralogbuline à mesure qu'elle paraît dans le serum et sans lui donner le temps d'agir sur la substance fibrinogène formée par les vaisseaux; le sang, une fois sorti des vaisseaux, l'ozone redevient oxygène ordinaire et la paralogbuline inaltérée convertit alors la substance fibrinogène en fibrine. Cette théorie n'explique pas les dépôts de fibrine sur les corps inertes.

2° Il existerait dans le sang une petite quantité d'ammoniaque qui tiendrait la fibrine en dissolution, cette ammoniaque se dégagerait à l'air, d'où coagulation de la fibrine (Richardson). L'objection précédente s'applique à cette explication, sans compter que si la présence de l'ammoniaque dans le sang n'est plus problématique, sa quantité est infinitésimale.

3° *Quantité de sang du corps.*

Procédés d'évaluation. — 1° *Méthode des saignées avec injection d'eau distillée.* — On pèse un animal; on le décapite ou on le saigne; on le pèse de nouveau; la perte de poids donne le poids du sang écoulé; on détermine la quantité de principes fixes pour 100 contenus dans ce sang. On injecte alors de l'eau distillée dans les vaisseaux; on détermine la quantité de principes fixes que cette eau ramène, et on en déduit le poids du sang resté dans les tissus. On a ainsi le poids total du sang de l'animal. Ce procédé, appliqué chez l'homme par Weber dans un cas de décapitation, donne un chiffre trop fort, l'eau injectée ramenant des principes fixes provenant des tissus. — 2° *Méthode des mélanges.* — On fait une saignée à un animal et on recherche la quantité de principes fixes pour 100. On injecte dans les veines une quantité donnée d'eau distillée qui diminue la proportion relative de principes fixes; on fait alors une deuxième saignée, et la diminution de proportion (pour 100) des principes fixes fait connaître la quantité de sang (Valentin). Cette méthode donne aussi un chiffre trop fort. — 3° *Méthode colorimétrique de Welcker.* — On fait une saignée à un animal, puis on le tue; on recueille tout le sang qui s'écoule et on fait passer dans les vaisseaux un courant d'eau distillée jusqu'à ce que cette eau revienne incolore; on mélange cette eau distillée au sang recueilli après la mort de l'animal; on a ainsi un mélange M_1 d'une certaine coloration; on ajoute alors à la première saignée une quantité d'eau distillée suffisante pour donner au mélange M_1 la coloration de M_2 . On connaît donc : 1° la quantité d'eau distillée ajoutée à la première saignée; 2° la quantité de sang de la première saignée; 3° la quantité d'eau injectée dans les veines; il est facile, par une simple proportion, d'en tirer la quatrième quantité inconnue, c'est-à-dire la quantité totale du sang, moins la première saignée, et l'addition de ces deux chiffres donne la quantité totale du sang. Ce procédé donne les résultats les plus exacts. Il peut être appliqué à l'évaluation de la quantité de sang des différents organes. — On a encore apprécié la quantité de sang du corps en dosant la quantité d'hématine. (W. Brozeit.)

Chez l'homme, la quantité de sang du corps peut être évaluée à environ $\frac{1}{10}$ du poids du corps, c'est-à-dire à un peu moins de 5 kilogrammes.

4° *Analyse du sang.*

Procédé d'analyse du sang. — L'analyse du sang comporte les opérations successives suivantes :

d'albumine, $P'(x+p)$. La proportion d'albumine étant la même dans les deux sangs, on aura :

$$Px = P'(x+p), \quad \text{d'où : } x = \frac{pP'}{P - P'}.$$

On a ainsi le poids du sérum; on connaît le poids de la fibrine; la différence entre le poids du sang et la somme des poids du sérum et de la fibrine donne le poids des globules. En divisant ce poids par 4, on a le poids des globules secs.

10° Dosage de l'hémoglobine : — a) *D. par la quantité de fer.* 100 grammes d'hémoglobine contiennent environ 0^{gr},42 de fer; en dosant le fer on aurait la quantité d'hémoglobine; ce procédé est peu exact. — b) *D. colorimétrique d'Hoppe-Seyler.* On fait une solution étendue titrée d'hémoglobine, cristallisée dans l'eau, et on en remplit une cuve hématinométrique ⁽¹⁾; puis on prend 20 grammes de sang défibriné qu'on étend à 400 centimètres cubes, et on le met à côté dans une deuxième cuve hématinométrique; on ajoute alors au sang étendu de l'eau distillée jusqu'à ce que la teinte du sang soit identique à celle de la solution titrée de la première cuve. Un centimètre cube de sang étendu contiendra la même quantité d'hémoglobine que 1 centimètre cube de la solution titrée; on connaît la quantité d'eau distillée ajoutée au sang; une simple proportion donnera la quantité d'hémoglobine contenue dans 1 centimètre cube de sang pur. — c) *D. spectroscopique de Preyer.* On détermine, une fois pour toutes, avec une solution titrée d'hémoglobine, la proportion d'hémoglobine nécessaire pour que la teinte verte apparaisse dans la région de la raie δ du spectre. Soit k cette quantité pour 100 centimètres cubes de solution. On défibrine le sang et on l'agite avec l'air; on en mesure 1/2 centimètre cube auquel on ajoute de suite son volume d'eau pour dissoudre les globules; on place le sang dans une cuve hématinométrique, sous la même épaisseur que la solution-type, et on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que la teinte verte apparaisse. Soit p le poids d'eau distillée ajouté, le poids de l'hémoglobine pour 100 centimètres cubes sera $= k(1 + 2p)$. On ne doit jamais faire varier l'écartement de la fente du spectroscope, l'intensité de la source lumineuse, l'épaisseur de la cuve et sa distance au spectroscope. — d) *D. par la quantité d'oxygène.* Quinquand a proposé de doser l'hémoglobine en dosant l'oxygène que le sang abandonne après avoir été agité à l'air; il admet, ce qui n'est pas démontré, que le sang fixe toujours une quantité d'oxygène proportionnelle à la quantité d'hémoglobine qu'il contient.

(¹) C'est une petite cuve de verre à lames planes et parallèles, très-commode pour comparer les différences de coloration des liquides.

nique. Le *sang veineux* est rouge foncé, dichroïque; il se coagule moins vite; il contient plus d'acide carbonique et moins d'oxygène.

Le tableau suivant résume les caractères des deux sangs :

	Sang artériel.	Sang veineux.
Couleur	Rouge vermeil; monochroïque.	Rouge foncé; dichroïque.
Coagulation	Plus rapide.	Moins rapide.
Gaz. {	Acide carboniq. 50 %.	60 %.
	Oxygène 20 %.	10 %.
	Azote 2 %.	2 %.
Quantité de globules. .	Plus faible.	Plus grande.
Quantité d'eau.	Plus forte.	Moins forte.
Quantité de fibrine . .	Plus forte.	Moins forte.
Quantité de graisse . .	Moins forte.	Plus forte.
Quantité de sels	Plus forte.	Moins forte.

Sang des différentes veines. — *a)* Le sang de la *veine jugulaire* contient plus de cholestérine que le sang de la *carotide* (jugulaire, 1,545; carotide, 0,967, par kilogramme de sang; Flint). — *b)* Le sang de la *veine splénique* contient moins de globules rouges (J. Béclard); les globules sont souvent denteles, plus clairs, et renferment quelquefois de petits cristaux en forme de bâtonnets; ces cristaux sont souvent libres dans le sang (Gray); le sang de la *veine splénique* cristallise du reste facilement. Les globules blancs sont plus nombreux (1 pour 70 rouges) et cette proportion peut augmenter jusqu'à 1/4 de globules blancs; on y trouve aussi des cellules à pigment. La fibrine serait diminuée, suivant Lehmann; augmentée, suivant Gray et Funke. Ce sang serait très-riche en cholestérine (Funke, Marcet). — *c)* Le sang de la *veine porte* se coagule plus vite que le sang du cœur droit; le caillot est plus diffus; il contient moins de fibrine, et cette fibrine, abandonnée à l'air, se liquéfierait au bout de douze heures (J. Béclard). Il renferme plus d'eau, de graisse, de sels et d'hématine que le sang de la *veine jugulaire* et des *veines hépatiques*; plus de cholestérine (quelquefois en cristaux) et d'albumine que le sang des *veines hépatiques*. Les globules de la *veine porte* paraissent plus riches en graisse que ceux de la *veine jugulaire*. — *d)* Le sang de la *veine hépatique* renferme plus de globules rouges que le sang de la *veine porte*; il

lactescent; les aliments féculents accroissent la quantité de sucre. L'inanition augmente la quantité d'eau et de sels et diminue tous les autres principes, y compris l'oxygène du sang. Les globules blancs diminuent rapidement et disparaissent même chez la grenouille (Kölliker). — b) *Digestion*. La digestion augmente tous les principes du sang, à l'exception de l'eau; les globules blancs peuvent doubler et tripler de quantité; l'oxygène du sang artériel diminue; cette diminution atteint son maximum quatre heures après le repas et le sang ne reprend son type normal qu'après sept ou huit heures. — c) *L'exercice musculaire* augmente un peu la quantité d'oxygène du sang artériel et diminue celle de l'acide carbonique; cette augmentation d'oxygène paraît due à la plus grande fréquence des mouvements respiratoires. d) *L'accélération des battements du cœur* a un effet inverse et compense l'augmentation précédente. — e) Dans la *grossesse*, le sang a une coloration plus foncée et une densité plus faible; l'eau est augmentée, ainsi que la fibrine et la caséine (albuminate de soude); cependant vers la fin la quantité d'eau diminue; les globules rouges sont moins abondants; mais dans les derniers mois ils augmentent de nouveau tandis qu'il y a une diminution des globules blancs.

Influence des agents extérieurs. — *Température*. La chaleur diminue la quantité d'oxygène du sang; le froid l'augmente (animaux à sang chaud); cette action est un fait physique d'endosmose; l'endosmose entre deux gaz séparés par une membrane humide est plus rapide lorsque la température s'abaisse.

6° *Rôle physiologique du sang.*

D'une façon générale, le sang joue un double rôle : il est à la fois liquide nourricier (*chair coulante* de Bordeu) et liquide excréteur; il charrie à la fois les matériaux nécessaires à la vie des tissus et les principes de déchet qui en proviennent et doivent être éliminés. Le sang n'arrive pourtant pas à tous les tissus; il en est (cartilages, tissus épidermiques) qui sont privés de vaisseaux; mais ils n'en sont pas moins sous la dépendance indirecte du sang; en effet, ils en reçoivent le plasma qui a traversé les parois des capillaires des organes voisins, et qui, par l'imbibition, arrive de proche en proche jusqu'à eux. Cependant, on peut dire

Le rôle principal des globules rouges paraît être de fixer l'hémoglobine et peut-être de la fabriquer; de là le nom de *glandes flottantes* qui leur a été donné par Henle.

Enfin le sang est le grand distributeur de calorique dans l'organisme; cette chaleur, engendrée ou non dans son sein, par les combinaisons chimiques, il la transporte dans toutes les parties du corps et en régularise la répartition et la perte.

Transfusion du sang. — Cette opération, très-rationnelle, repose sur des bases physiologiques qui sont bien connues aujourd'hui. Le sang d'un animal, injecté dans les vaisseaux d'un animal *de même espèce*, joue le même rôle physiologique que le sang primitif et peut le remplacer. Du sang transfusé peut donc remplacer du sang insuffisant (à la suite d'hémorrhagie) ou vicié. Dans cette transfusion, la plus grande part de revivification revient aux globules oxygénés; la fibrine n'a aucune importance et peut être extraite avant l'injection sans inconvénient. Le sang d'une espèce animale différente n'a plus la même action; il peut encore réveiller l'excitabilité nerveuse et musculaire, mais temporairement, et bientôt les globules rouges se détruisent et par leur décomposition produisent en général des troubles de diverse nature.

Bibliographie. — DENIS : *Mémoire sur le sang*, 1859. — W. PREYER : *Blutbry-
stalle*, 1871. — MATHIEU et URBAIN : *Des Gaz du sang* (Archives de physiologie,
1871-72). — ESTOR et SAINT-PIERRE : *Analyse des gaz du sang* (Journal de l'An-
tomie, 1872). — A. SCHMIDT : *Hematologische Studien*, 1863.

2. — LYMPHE.

Procédés. — On peut se procurer de petites quantités de lymphe pure en incisant les sacs lymphatiques de la grenouille. — Pour se procurer de la lymphe pure en grandes quantités, il faut s'adresser à de grands animaux; on peut mettre à nu les lymphatiques qui accompagnent l'artère carotide et y introduire une canule. (*Pr. de Colin.*) — *Fistule du canal thoracique.* On obtient ainsi la lymphe mélangée au chyle. — Enfin on peut mettre à nu et ouvrir le canal thoracique chez un animal qu'on vient de sacrifier.

La lymphe est un liquide alcalin (moins que le sang), incolore ou opalescent, qui tient en suspension des globules blancs semblables à ceux du sang, et, comme le sang, se coagule après sa sortie des vaisseaux; sa densité est de 1,045.

tion que dans le sang (Wurtz), de l'ammoniaque; des graisses à l'état de glycérides; des acides oléique, palmitique et butyrique; des traces de savons et quelques acides gras volatils, spécialement de l'acide butyrique; de la glycose, qui, d'après quelques auteurs, y existerait toujours, et, d'après Cl. Bernard, ne s'y trouverait que quand l'organisme est saturé de cette substance. On y a constaté la présence de la cholestérine. Les substances minérales sont surtout la potasse et les phosphates dans le caillot, la soude qui prédomine dans le sérum, des carbonates, des sulfates et un peu d'oxyde de fer.

Les *gaz* du sérum consistent presque entièrement en acide carbonique (35 p. 100), une petite quantité d'azote (1,87 p. 100) et des traces d'oxygène (Hammarsten).

3. — DE LA LYMPHE CONSIDÉRÉE DANS SON ENSEMBLE.

Caractères organoleptiques. — La lymphe a une odeur faible, un peu animalisée, caractéristique pour certaines espèces; sa saveur est fade, salée, avec un arrière-goût alcalin.

Coagulation de la lymphe. — La coagulation de la lymphe est un peu plus tardive que celle du sang; elle n'a pas lieu dans les vaisseaux, mais se fait quand la lymphe est exposée à l'air. Le caillot est très-petit par rapport au sérum; son poids représente 40 millièmes de celui de la lymphe; il est blanchâtre, mou, peu rétractile et se colore quelquefois en rouge au bout d'un certain temps, fait nié par Colin pour la lymphe pure et dû probablement à la présence de quelques globules rouges emprisonnés dans le caillot et peut-être aussi à une transformation chimique produite sous l'influence de l'oxygène. (Gubler et Quévenne.)

Quantité de lymphe. — *Procédés d'évaluation.* Fistule du canal thoracique et évaluation de la quantité de lymphe qui s'écoule en un temps donné (procédé très-incertain). On a évalué, sans données bien précises, la quantité de lymphe à $\frac{1}{10}$, environ du poids du corps; ce qu'il y a de certain, c'est que la quantité de lymphe fournie en vingt-quatre heures peut atteindre un chiffre considérable; Colin, sur le cheval, a obtenu jusqu'à

travers la membrane des capillaires sanguins, le plasma du sang perd environ la moitié de son albumine et les deux tiers de sa fibrine; les autres principes et en particulier les sels passent à peu près en même proportion :

	Pour 1,000 parties.		
	Plasma sanguin.	Plasma lymphatique.	Plasma du chyle.
Eau.	901,50	957,61	958,50
Fibrine	8,06	2,18	1,27
Albumine.	81,92	32,02	30,85
Sels.	8,51	7,36	7,55
Chlorure de sodium	5,546	5,65	5,95
Soude.	1,532	1,30	1,17

Variations de la lymphe. — La lymphe n'a pas la même composition dans les divers points du système lymphatique. Avant les ganglions lymphatiques, la lymphe est très-pauvre en globules et en fibrine; dans le canal thoracique, elle contient un assez grand nombre de globules rouges, probablement par reflux sanguin. La quantité de graisse est surtout très-variable; elle peut monter jusqu'à 30 et plus pour 1,000.

3. — CHYLE.

Procédés. — Pour voir les chylifères gorgés de chyle, il suffit d'ouvrir un animal en pleine digestion et d'examiner le mésentère; les chylifères apparaissent sous forme de trainées blanches. (Découverte des chylifères, par Gaspard Aselli, en 1622.) — *Procédé de Colin* (fig. 18, page 113). On introduit une canule dans un des gros chylifères qui accompagnent l'artère mésentérique du bœuf. — Ouvrir le réservoir de Pecquet sur un animal en pleine digestion.

Hors l'état de digestion, le liquide des chylifères est tout à fait identique à la lymphe; ce n'est que pendant la digestion qu'il se présente sous un aspect particulier. C'est un liquide faiblement alcalin, laiteux ou opalin, coloré quelquefois d'une légère teinte jaunâtre ou jaune verdâtre, d'une consistance variable, mais ordinairement fluide et d'un poids spécifique de 1,020 environ. Son odeur et sa saveur sont les mêmes que celles de la lymphe. Comme elle, il se coagule après sa sortie des

- Le chyle contient les mêmes éléments anatomiques que la lymphe, et de plus, d'innombrables granulations moléculaires excessivement fines, qui ne sont autre chose que des granulations graisseuses entourées d'une membrane albuminoïde.

La quantité de chyle ne peut guère être évaluée d'une façon précise. On a bien cherché à la déterminer par la quantité de graisse absorbée dans l'intestin, en admettant que toute la graisse absorbée passait dans les chylifères; la proportion de graisse dans le chyle est de 3 p.100 environ; la quantité de graisse ingérée dans l'alimentation est d'à peu près 90 grammes par jour; la quantité de chyle produite en 24 heures serait de 3 kilogrammes (Vierordt); ces données sont trop incertaines pour y attacher grande importance.

La composition chimique du chyle se rapproche beaucoup de celle de la lymphe (voir: *Analyse de la lymphe*); seulement il est plus riche en matières solides ⁽¹⁾ et surtout en graisses, qui varient du reste suivant l'alimentation; outre des graisses neutres, on y rencontre de petites quantités de savons. L'existence de traces de peptones, annoncée par Kühne, n'a pas été confirmée par les autres observateurs. Parmi les matières organiques, la présence de la glycose a donné lieu à de nombreuses discussions; suivant les uns, elle y existerait toujours, quel que soit le mode d'alimentation; suivant d'autres, elle ne se rencontrerait que dans le cas d'alimentation féculente et sa proportion serait exactement en rapport avec la quantité de cette alimentation. L'urée n'a été trouvée que dans le chyle du canal thoracique.

Owen Rees donne les chiffres suivants pour le chyle pris dans le canal thoracique d'un décapité :

Eau	90,48 %	Extrait alcoolique	0,52 %
Albumine et fibrine . . .	7,08	Graisse	0,92
Extrait aqueux	0,56	Sels	0,44

Les variations de composition du chyle ont été peu étudiées et leur étude a donné des résultats contradictoires. Chez l'animal à jeun, Tiedemann et Gmelin l'ont trouvé plus pauvre en eau, plus riche en parties solides, fibrine, albuminoïdes et globules. Ce qu'il y a de certain, c'est que la proportion de graisse du chyle augmente par l'alimentation.

(1) G. Schmidt est pourtant arrivé à un résultat différent.

du sucre de lait, de l'acide lactique (?), de la glycose, qui disparaît quand le sucre apparaît dans le foie (Cl. Bernard), et des sels (chlorure de sodium, carbonates alcalins et traces de phosphates et de sulfates).

Voici, comme spécimen de composition des sérosités, la moyenne de deux analyses de Gorup-Besanez de la sérosité péricardique de deux suppliciés :

Eau	958,98
Albumine.	23,15
Fibrine.	0,81
Matières extractives.	10,45
Sels	7,00

ARTICLE TROISIÈME. — SÉCRÉTIONS SALINES ET EXTRACTIVES.

1. — URINE.

L'urine est sécrétée par les reins; à l'état normal, c'est un liquide clair, transparent, de couleur jaune pâle ou jaune ambré, d'une odeur caractéristique, d'une saveur amère et un peu salée. Sa densité est de 1,005 à 1,030; sa réaction est acide. Sa quantité, très-variable du reste, est d'environ 1,275 centimètres cubes par jour en moyenne, soit 0,40 centimètres cubes par kilogramme de poids du corps. Elle ne contient pas d'éléments anatomiques, sauf accidentellement quelques lamelles épithéliales provenant des voies urinaires.

Caractères chimiques de l'urine. — L'urine possède en moyenne, pour 1,000 parties, 960 parties d'eau et 40 parties de principes solides en dissolution dans l'eau. Ces principes solides peuvent être divisés en quatre groupes; ce sont : 1° des principes azotés qui proviennent de la désassimilation des substances albuminoïdes ou de leurs dérivés; 2° des principes non azotés; 3° des matières colorantes; 4° des sels minéraux. Elle ne contient pas d'albumine. Enfin, des gaz sont tenus en dissolution dans l'urine.

1° Les *principes azotés*, qui constituent la partie la plus importante de l'urine tant au point de vue chimique qu'au point de

gaz pour 100; ces gaz sont surtout de l'acide carbonique (13 p. 100), une petite quantité d'azote (1 p. 100) et des traces d'oxygène. Le coefficient d'absorption de l'urine pour ces gaz est à peu près le même que celui de l'eau.

La réaction acide de l'urine est due principalement à l'acide urique et au phosphate de soude; elle correspond à 1^{er},5 de soude.

Les dépôts qui se forment dans l'urine ou *sédiments urinaires* sont plutôt du ressort de la pathologie; ils consistent principalement en acide urique, urates de soude et d'ammoniaque, oxalate de chaux et phosphate ammoniaco-magnésien.

Analyse de l'urine. — L'analyse de l'urine comprend les opérations suivantes :

1° On essaye la réaction de l'urine; on détermine le degré d'acidité à l'aide d'une liqueur titrée de soude.

2° On dose les matières inorganiques en évaporant une quantité donnée d'urine et en incinérant le résidu avec précaution.

3° Les matières organiques sont dosées par la différence de poids du résidu de l'évaporation simple et du résidu de l'incinération.

4° On dose les divers principes minéraux par les méthodes ordinaires.

5° *Dosage de l'urée.* — a) *Procédé de Liebig.* On emploie une liqueur titrée d'azotate mercurique; on reconnaît que toute l'urée est précipitée quand l'addition du réactif indicateur, carbonate de sodium, produit une coloration jaune. — b) *Pr. de Lecomte.* On décompose l'urée par l'hypochlorite de sodium en acide carbonique et azote, et on mesure l'azote produit. — c) *Pr. d'Yvon.* Le principe est le même, mais on emploie l'hypobromite de sodium. Esbach a simplifié ce procédé et l'a rendu plus pratique. (*Bull. de thérapeutique*, 1874.) — d) *Pr. de Millon.* On décompose l'urée par l'acide azoteux en acide carbonique et azote, et on mesure l'acide carbonique; Gréhan se sert de la pompe à mercure pour recueillir les gaz. — e) *Pr. de Bunsen.* On transforme l'urée en carbonate d'ammonium en la chauffant dans un tube scellé, et on dose le carbonate à l'état de carbonate de baryum.

6° *Dosage de l'acide urique.* — On précipite l'acide urique par l'acide chlorhydrique et on pèse le précipité obtenu.

7° La créatinine est dosée par la précipitation par le chlorure de zinc.

8° Les autres matières non dosées (sels ammoniacaux, acide libre, matières colorantes, etc.) sont dosées par différence.

9° On dose l'azote des matières azotées en calcinant l'urine avec de la chaux sodée; l'azote se dégage à l'état d'ammoniaque, qu'on dose par le procédé volumétrique avec l'acide sulfurique titré. Ce procédé paraît peu exact; le chiffre d'azote obtenu est trop faible.

phosphates et oxalates terreux, de l'urate d'ammoniaque et du phosphate ammoniaco-magnésien (fig. 19).

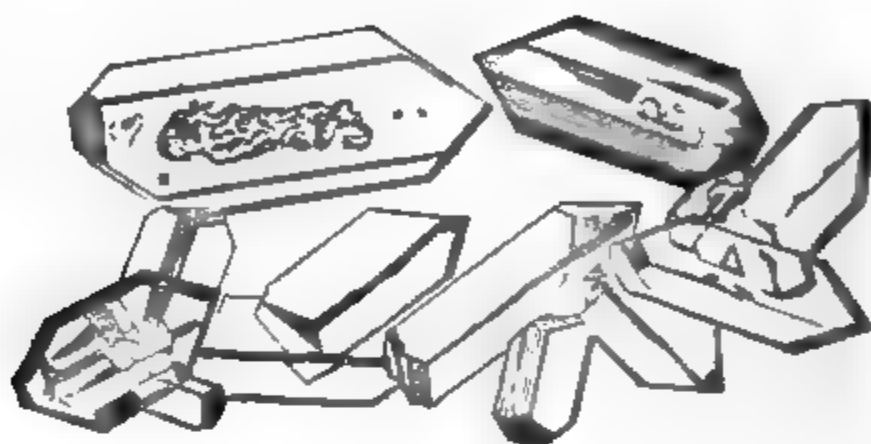


Fig. 19. — Phosphate ammoniaco-magnésien.

2^e *Variations des divers principes de l'urine.* — a) *Urée.* La quantité d'urée excrétée diminue de l'enfance à la vieillesse; ainsi, pour 1 kilogramme de poids du corps, on trouve en vingt-quatre heures les chiffres suivants (Uhle) :

Enfant de 3 à 6 ans.	1 ^{re} ,00
— de 8 à 11 ans.	0 ^{re} ,8
— de 13 à 16 ans.	0 ^{re} ,4 à 0 ^{re} ,6
Adulte.	0 ^{re} ,5

L'homme en sécréterait plus que la femme. L'urée augmente par un régime azoté, diminue par une alimentation végétale; mais elle ne tombe jamais à 0, et on en retrouve encore dans les urines après vingt jours d'inanition. C'est probablement à l'influence de l'alimentation qu'il faut rapporter les variations journalières de l'urée; le minimum se rencontre pendant la nuit, le maximum cinq heures après le repas. L'exercice musculaire, le travail cérébral augmentent la proportion d'urée; le même effet est produit par l'ingestion d'eau, de chlorure de sodium, de substances azotées (urée, acide urique, glycocholate, guanine, etc.). Elle diminuerait au contraire par l'usage de l'essence de térébenthine, de l'éther, de la digitale, de l'acide arsénieux, du tabac. Le thé et le café seraient sans action (Hammond) (1). — b) *Acide urique.* L'âge et le sexe paraissent avoir peu d'influence sur la

(1) Cependant E. Roux a constaté récemment une augmentation d'urée par l'usage du café.

d'urine, surtout d'urée et de sels, que l'adulte. Le tableau suivant donne, en grammes, les quantités d'urine et principes constituants chez l'enfant et chez l'adulte (Mosler) :

	En 24 heures.		Pour 1 kilogramme de poids du corps.	
	Enfant.	Adulte.	Enfant.	Adulte.
Quantité d'urine.	1,526,0	1,875,0	78,00	40,00
Urée.	18,8	36,2	0,95	0,75
Chlorure de sodium.	8,6	15,6	0,44	0,32
Acide sulfurique.	1,0	2,6	0,06	0,05
Acide phosphorique.	3,0	4,9	0,16	0,08

Chez le vieillard, la quantité d'urine et surtout de principes solides diminue; d'après V. Bibra, les matières extractives augmenteraient notablement. — b) *Sexe*. Chez la femme, la quantité d'acide, ainsi que la proportion des matières solides (urée et sels), est plus faible que chez l'homme.

4° *Variations fonctionnelles*. — a) *Alimentation*. Les boissons augmentent non-seulement la quantité d'eau de l'urine, mais aussi la quantité des sels, sans augmenter dans la même proportion le chiffre de l'urée et de l'acide urique, d'où diminution relative de ces deux principes. Une alimentation animale rend l'urine acide, et augmente la quantité d'urée, d'acide urique, de sulfates, de phosphates et de chlorures; l'alimentation végétale rend l'urine alcaline (urine des herbivores); sous son influence, on constate un accroissement de l'acide hippurique, de l'acide oxalique, des carbonates, de la potasse, de la soude et de la glycose (alimentation féculente). L'inanition rend l'urine des herbivores acide, et l'acide hippurique y est remplacé par l'acide urique. — b) *Digestion*. L'urine émise trois heures environ après le repas (urine de la digestion ou du chyle) est dense, colorée, moins abondante, et elle présente déjà les variations de quantité des divers principes, suivant la nature de l'alimentation, variations qui ont été étudiées plus haut. — c) *Sueur*. Il y a une sorte de balancement entre la sécrétion de la sueur et la sécrétion urinaire : quand l'une augmente, l'autre diminue; mais ce balancement ne s'exerce que dans des limites assez restreintes et porte surtout sur la quantité d'eau. — d) *L'exercice musculaire* accroit la proportion d'urée dans l'urine, et, ce qui est plus douteux, diminuerait la proportion d'acide urique; le chlorure de sodium, les sulfates, les phosphates, éprouveraient aussi une augmentation. — e) *L'influence*

L'acide urique présenterait deux maxima, l'un de sept à huit heures du matin, l'autre de une à cinq heures de l'après-midi (Schweig). Les sulfates atteindraient leur maximum six heures après le repas; les phosphates font une exception remarquable : leur maximum tombe vers le soir, entre sept et onze heures (Mosler). — b) *Température*. L'élévation de la température extérieure diminue la quantité d'urine, qui devient plus concentrée; les quantités d'urée, de chlorure de sodium et des autres principes subissent aussi une diminution, à l'exception des phosphates et des sulfates. — c) *Passage de substances dans l'urine*. La plupart des substances minérales se retrouvent dans l'urine dans le même état; cependant il n'en est pas toujours ainsi; l'iode libre s'y retrouve à l'état d'iodure; le sulfate de potassium à l'état de sulfate de potasse; le cyanure rouge à l'état de ferrocyanure jaune de potassium. Parmi les matières organiques, celles qui sont facilement oxydables ne passent dans l'urine qu'après avoir été décomposées; ainsi les sels neutres organiques à base alcaline apparaissent dans l'urine sous forme de carbonates alcalins; l'acide tannique donne de l'acide gallique; l'acide benzoïque, l'essence d'amandes amères, donnent de l'acide hippurique, etc. (Wœhler). La plupart des matières colorantes et odorantes passent dans les urines, sauf le tournesol, le carmin et la chlorophylle; le musc et le camphre n'y passent pas non plus. (Voir, pour plus de détails, les traités de thérapeutique et de toxicologie.)

6° *Physiologie comparée*. — a) L'urine des *herbivores* est trouble, jaunâtre, très-alcaline; elle contient de l'acide hippurique, des carbonates alcalins et terreux, très-peu de phosphates et pas d'acide urique ordinairement. L'inanition la rend acide; il en est de même pendant la période de l'allaitement. — b) L'urine des *carnivores* est acide et ressemble à l'urine humaine. — c) L'urine du *chien* est très-fortement acide et contient un acide particulier, acide *cyanurénique* qui précipite avec l'acide urique par l'acide chlorhydrique. L'acide azotique y produit souvent une coloration analogue à la réaction de Gmelin; cependant elle n'est pas due à la présence de la bile. — d) L'urine du *lapin* a les caractères de l'urine des herbivores; elle se trouble par l'ébullition et contient quelquefois une substance qui réduit la liqueur de Barreswill. — e) L'urine du *cheval* est trouble, très-alcaline et se fonce rapidement à l'air; par la concentration, elle abandonne des cristaux d'hippurate de chaux. — f) L'urine des

trouvée dans la sueur paraît provenir de la décomposition des matières azotées. Quant à l'acide sudorique admis par Favre, son existence est encore douteuse. Les principes *non azotés* consistent en acides gras volatils (formique, acétique, butyrique, propionique, caproïque, etc.) qui donnent à la sueur, surtout dans certaines régions, une odeur caractéristique; on y trouve en outre de l'acide lactique (?), de la cholestérine et des graisses neutres qui proviennent en partie des glandes sébacées. On y a signalé la présence de *matières colorantes* indéterminées. Les substances *minérales* sont, en première ligne, le chlorure de sodium, puis le chlorure de potassium, des phosphates et des sulfates alcalins, des phosphates terreux et des traces de fer. La sueur contient en outre de l'acide carbonique libre.

Le tableau suivant donne les analyses de la sueur par Favre, Schottin et Funke :

Pour 1,000 parties.	FAVRE.	SCHOTTIN.	FUNKE.
Eau	995,573	977,40	988,40
Matières solides	4,427	22,60	11,60
Épithélium	—	4,20	2,49
Graisse	0,013	—	—
Lactates	0,317	—	—
Sudorates	1,562	—	—
Matières extractives	0,005	11,30	—
Urée	0,044	—	1,55
Chlorure de sodium	2,230	3,60	—
Chlorure de potassium	0,024	—	—
Phosphate de soude	Traces.)	1,31	—
Sulfates alcalins	0,011)	—	—
Phosphates terreux	Traces.	0,39	—
Sels en général	—	7,00	4,36

On voit, en comparant ces analyses à celle de l'urine, qu'il y a une assez grande différence de composition, quantitativement surtout, entre la sueur et l'urine.

Variations de la sueur. — a) *Variations locales.* La sueur de certaines régions a une odeur spéciale, caractéristique (aisselle, pieds); elle devient aussi plus facilement alcaline, mais fraîche, elle est toujours acide. La sueur des pieds contient plus de principes fixes et de potasse spécialement que celle des bras.—

3. — LARMES.

Les larmes sont sécrétées par la glande lacrymale. Elles constituent un liquide incolore, d'une saveur salée, de réaction alcaline. Elles contiennent environ 10 p. 1,000 de principes solides, qui consistent en un peu de mucus ou d'albumine (*dacryoline*), précipitable par la chaleur, des traces de graisse et des sels minéraux. Ces derniers sont presque exclusivement formés par du chlorure de sodium et par une très-petite proportion de phosphates alcalins et terreux. L'analyse suivante donne, d'après Lerch, la composition des larmes :

Eau	982,00
Albumine et traces de mucus.	5,00
Chlorure de sodium	13,00
Autres sels minéraux.	0,20
	<hr/> 1,000,20

4. — BILE.

Procédés pour recueillir la bile. — La bile peut être recueillie dans la vésicule biliaire après la mort de l'homme (suppliciés) ou de l'animal. Mais pour avoir la bile tout à fait pure, il faut la recueillir pendant la vie, immédiatement après sa sortie du canal hépatique et sans lui laisser le temps de séjourner dans la vésicule. C'est dans ce but qu'on pratique des fistules biliaires artificielles (Schwann). — *Procédés opératoires.*
1° Chez le chien. — L'animal doit être à jeun; on incise l'abdomen; on place deux ligatures sur le canal cholédoque, l'une après son abouchement avec le canal cystique, l'autre près de l'intestin, et l'on incise la partie intermédiaire pour éviter le rétablissement du canal. On fixe ensuite le fond de la vésicule biliaire à la paroi abdominale, afin que les adhérences s'établissent; on incise alors le fond de la vésicule et on place une canule pour recueillir la bile qui s'écoule. Les chiens peuvent survivre très-longtemps à l'opération. Le procédé est à peu près le même chez le chat, le lapin, le cabiai, le porc, le mouton, etc.; mais ces animaux survivent plus difficilement; les cabiais meurent en général au bout de vingt-quatre heures. — **2° Chez le cheval,** qui n'a pas de vésicule biliaire, il faut placer directement la canule dans le canal cholédoque ou dans le canal hépatique (Colin). Du reste, on peut aussi, chez les autres animaux, placer la canule dans le canal cholédoque au lieu de la placer dans la vésicule biliaire incisée. — **3° Fistules amphiboles du canal cholédoque.** — On fait une fistule duodénale et on passe par le duodénum, dans le canal cholédoque, une canule pourvue de deux ouvertures, une ouverture terminale qui déverse la bile à l'extérieur et

Composition chimique de la bile. — La bile possède en moyenne, pour 1,000 parties, 862 parties d'eau et 138 de principes solides qui consistent surtout en acides biliaires (82 p. 1,000), cholestérine (26 p. 1,000), matière colorante (22 p. 1,000) et sels (8 p. 1,000). La bile renferme en outre des gaz.

1° *Acides biliaires.* — Si on évapore la bile, il reste un résidu solide, soluble dans l'alcool absolu, et donnant par l'éther un précipité résineux (résine biliaire) qui cristallise peu à peu. Pour avoir ces cristaux tout à fait purs (bile cristallisée), on évapore la bile au quart de son volume, on ajoute un excès de charbon animal qui enlève la matière colorante; on dessèche cette bouillie noire à 100°, et on la traite par l'alcool absolu. L'éther donne alors un précipité cristallisé d'aiguilles soyeuses, très-soluble dans l'eau et d'une saveur fortement amère, chauffée faiblement avec l'acide sulfurique concentré, cette bile cristallisée devient résineuse et se dissout en donnant un liquide fluorescent jaune et vert. Elle présente la réaction de Pettenkofer. Les solutions de bile cristallisée précipitent par l'acétate de plomb neutre et l'acétate de plomb basique; ces précipités sont les sels de plomb des acides biliaires.

Les deux acides biliaires sont l'acide glycocholique et l'acide taurocholique, tous deux azotés; ils sont unis à la soude.

L'acide glycocholique se rencontre en très-petite quantité dans la bile humaine et manque tout à fait dans celle des carnivores; il est très-abondant, au contraire, dans celle des herbivores. On l'obtient en précipitant une solution aqueuse de bile cristallisée par l'acide sulfurique étendu.

L'acide taurocholique contient du soufre, il se trouve surtout dans la bile des carnivores et constitue la plus grande partie des acides biliaires chez l'homme. A l'état frais, la bile ne contient aucun des dérivés de ces deux acides (acide cholalique, glyco-colle, taurine).

On a constaté dans la bile la présence d'autres matières azotées, mais en très-faible quantité : lecitine, neurine, urée (bile de bœuf), d'après Cyon, l'urée se formerait dans le sang auquel on fait traverser artificiellement le foie.

2° *Matières colorantes.* — Les matières colorantes de la bile fraîche sont la bilirubine et la biliverdine. La bilirubine s'extraît de la bile fraîche un peu acidulée en l'agitant avec du chloroforme, le liquide inférieur se colore en jaune, tandis que le

3° On dose les matières minérales en calcinant le résidu de l'évaporation. La différence donne le poids des matières organiques.

4° On dose les acides biliaires en évaporant une certaine quantité de bile; le résidu est repris par l'alcool très-fort, évaporé au quart et précipité par l'éther; le précipité est desséché et pesé.

5° L'acide taurocholique est dosé par la quantité de soufre qu'il contient. La différence entre le poids de taurocholate et le poids des deux sels donne le poids du glycolate.

6° Pour doser la graisse et la cholestérine, on évapore à siccité la solution éthérée; on dissout les sels par des lavages à l'eau, et on dessèche le résidu.

7° Pour doser séparément la cholestérine, on fait bouillir l'émulsion avec une solution alcoolique de soude, qui s'empare des graisses; on chasse l'excès d'alcool par l'ébullition, et on reprend le résidu par l'éther; l'évaporation donne le poids de la cholestérine. La différence des deux poids donne le poids des matières grasses. (Voir, pour plus de détails: Ritter, *Manuel de chimie pratique*.)

Le tableau suivant représente la moyenne de plusieurs analyses de bile humaine, par Frerichs et Gorup-Besanez :

Eau	862	p. 1,000
Parties solides	138	—
Sels d'acides biliaires	82	—
Matière colorante	22	—
Cholestérine	26	—
Sels minéraux	8	—

D'après Flint, la quantité de cholestérine serait seulement 16 p. 1,000.

Les cendres de la bile de la vésicule, chez le bœuf, ont donné les chiffres suivants, pour 100 parties :

Soude	36,73	p. 100
Chlorure de sodium	27,70	—
Acide carbonique	11,26	—
Acide phosphorique	10,45	—
Acide sulfurique	6,39	—
Potasse	4,80	—
Chaux	1,43	—
Magnésie	0,53	—
Silice	0,36	—
Oxyde de fer	0,23	—
Oxyde de manganèse	0,12	—

amène des modifications correspondantes dans la sécrétion biliaire. Elle augmente par l'injection de sang dans les veines, elle diminue par la saignée, la compression de l'aorte. L'influence des deux vaisseaux qui se rendent au foie, veine porte et artère hépatique, est plus difficile à préciser. Oré a vu la sécrétion biliaire continuer après l'oblitération de la veine porte; mais le procédé d'oblitération est assez lent et la circulation collatérale met du temps de s'établir. Moos l'a vue aussi continuer; mais la bile était plus épaisse et moins aqueuse qu'auparavant. L'oblitération rapide de la veine porte produit au contraire un arrêt de la sécrétion biliaire Schiff, et la mort arrive dans ce cas très-rapidement avec des symptômes d'assoupissement et de coma. Les mêmes contradictions existent pour l'artère hépatique Kottmeier a constaté chez des lapins l'arrêt de la sécrétion par la ligature de l'artère, par contre, Schiff, sur des chats, l'a vue continuer sans diminution de quantité, malgré l'interruption de la circulation artérielle par la ligature du tronc coeliaque et de la diaphragmatique inférieure. Il est probable que les deux sangs y prennent part, car la sécrétion biliaire continue sur un foie de lapin qu'on vient de tuer et dans lequel on fait passer un courant de sang defibriné (Ludwig et Schmutewitsch). Il est vrai que, dans cette expérience, la bile sécrétée pourrait provenir simplement de la bile qui restait dans les canalicules et qui aurait été chassée par la pression du liquide injecté. — c) *Innervation*. On sait peu de chose de l'influence de l'innervation sur la sécrétion biliaire. La section des nerfs pneumogastriques au cou la diminue (Heidenhain), probablement par action indirecte (stase sanguine par suite du changement d'activité du cœur ou des modifications de la respiration). Au-dessous du diaphragme, leur section ou leur excision reste sans effet. Pflüger a vu la sécrétion biliaire continuer après la section de tous les nerfs du foie.

3° *Passage de substances dans la bile*. — Le plomb, l'arsenic, l'antimoine, le cuivre, l'iodure de potassium, se retrouvent dans la bile; le calomel, l'acide benzoïque, la quinine, n'y passent pas. Le sucre de raisin et le sucre de canne injectés dans le sang passent dans la bile, une injection d'eau, qui rend les urines albumineuses, fait paraître aussi l'albumine dans la bile.

4° *Physiologie comparée*. — La bile de chien ne renferme guère que du taurocholate de soude avec les autres principes ordinaires. La bile de bœuf contient les deux acides biliaires

serait à la fois acide et alcalin; il bleuit le papier de tournesol rouge, et rougit le papier bleu; il aurait ce qu'on appelle la réaction *amphotère*; l'acidité peut tenir soit au phosphate acide de soude, soit à l'acide lactique. Le lait contient en suspension des globules graisseux, globules du lait, qui lui donnent son opacité et constituent par conséquent une véritable émulsion. La quantité de lait sécrétée par jour est très-variable; d'après Lampérière, elle serait en moyenne de 1,350 grammes, c'est-à-dire environ 22 grammes par kilogramme de poids du corps. Cette sécrétion commence à la fin de la grossesse et dure environ sept à dix mois (période de la lactation). Le lait sécrété pendant la grossesse et les premiers jours après l'accouchement a reçu le nom de *colostrum*.

Composition du lait. — Le lait possède en moyenne 110 à 130 parties de principes solides pour 1,000. Ces principes solides consistent en matières azotées, matières grasses, sucre de lait et sels minéraux; le lait contient en outre des gaz.

1° La plus importante des matières *azotées* est la caséine; c'est elle qui donne cette pellicule qui se forme sur le lait par l'ébullition et qui se précipite dans la coagulation du lait, soit spontanée, soit par les acides. On y rencontre en outre une petite quantité de substance albuminoïde, lactoprotéine de Millon et Commaille. Béchamp a trouvé dans le lait trois substances albuminoïdes distinctes. Le lait contient environ 28 pour 1,000 de caséine.

2° Les matières *grasses* forment les 35 millièmes du lait, dont elles constituent la crème et le beurre, et consistent en palmitine, stéarine et oléine, avec quelques traces de glycérides d'acides gras volatils. Cette graisse se trouve dans le lait sous forme de globules. Les *globules du lait* sont sphériques, fortement réfringents, d'une grosseur variant depuis une petitesse incommensurable jusqu'à un diamètre de 0^{mm},025; leur densité est moindre que celle du lait; la densité des gros globules est plus faible que celle des petits; aussi montent-ils les premiers à la surface (crème). Les globules sont constitués par une gouttelette de graisse entourée d'une membrane albuminoïde (caséine ou reste du protoplasma des cellules glandulaires). Aussi, si l'on agite du lait avec l'éther, la présence d'une membrane d'enveloppe s'oppose à ce que l'éther dissolve la matière grasse, et le lait conserve son aspect d'émulsion; mais si on traite auparavant le lait par la

2° L'eau est dosée par l'évaporation d'une quantité donnée de lait et pesée du résidu.

3° La matière grasse peut être dosée par différents procédés. — a) On peut mesurer dans une éprouvette graduée ou *crémomètre* la hauteur de la couche de crème qui se forme spontanément après l'addition d'une petite quantité de carbonate acide de sodium. — b) Dans le procédé de E. Marchand, par le *lactobutyromètre*, on extrait le beurre à l'aide d'un mélange d'alcool et d'éther. — c) Le procédé de Donné (lactoscope), perfectionné par A. Vogel, est basé sur l'appréciation de l'opacité du lait et la diminution d'opacité qu'il éprouve par l'addition d'une quantité donnée d'eau. — d) Pour la doser exactement, on reprend par l'éther le résidu de l'évaporation dans l'opération précédente (2°), et l'évaporation de l'éther donne le poids de la matière grasse.

4° Le sucre de lait est dosé par la liqueur de Barreswill ou par le polarimètre.

5° Les substances minérales sont dosées par l'incinération d'un poids connu de lait.

6° La caséine est dosée par différence. (Pour les détails, voir les traités de chimie.)

Voici des analyses comparatives du lait de femme et du colostrum, par différents auteurs :

Pour 1,000 parties.	L A I T.		C O L O S T R U M (Clemm).	
	Fr. Simon.	Becquerel et Vernois.	9 jours avant terme.	2 jours après la naissance.
Eau	883,6	889,08	858,00	867,00
Parties solides	116,4	110,92	142,00	133,00
Caséine	34,3	39,24	—	21,82
Albumine	—	—	80,00	Traces.
Beurre	25,3	26,66	30,00	48,63
Sucre de lait	48,2	43,64	43,00	60,99
Sels minéraux	2,3	1,38	5,40	Non déterminés.

L'analyse des cendres par Wildenstein donne, pour 100 parties :

Chlorure de sodium	10,73
Chlorure de potassium . . .	26,33
Potasse	21,44
Chaux	18,78
Magnésie	0,87
Acide phosphorique	19,00
Acide sulfurique (¹)	2,64

(¹) Cet acide sulfurique provient du soufre des matières albuminoïdes.

et une augmentation du sucre de lait; la quantité de beurre serait plus forte de 15 à 20 ans et diminuerait ensuite. — b) *Constitution*. Les recherches sont encore trop peu nombreuses sur ce sujet et elles se contredisent sur plusieurs points; Lhéritier a trouvé le lait des brunes plus riche en principes solides, graisse, beurre et sucre; mais Becquerel et Vernois n'ont pas retrouvé ces différences. — c) *Race*. Le lait des animaux de race pure paraît plus abondant. Il semble y avoir aussi à ce point de vue une sorte d'antagonisme entre les divers principes du lait; les laits riches en caséine sont pauvres en beurre, et inversement; le même antagonisme se retrouve souvent dans le lait de femme.

3° *Variations fonctionnelles*. — a) *Alimentation*. Une nourriture substantielle augmente la quantité de lait; les boissons ont le même effet. Une nourriture exclusivement animale augmente la proportion de graisse du lait, un peu celle de la caséine, et diminue celle du sucre, sans cependant l'abaisser autant qu'on le croyait (Subotin). Une nourriture végétale diminue sa quantité, fait baisser la caséine et le beurre et accroît la proportion de sucre de lait: une alimentation très-riche en graisse n'augmente pas la quantité de beurre et, si elle est portée trop loin, elle diminue et peut même supprimer tout à fait la sécrétion lactée. — b) *Époque de la sécrétion*. Au début de la période de la lactation, le lait a des caractères particuliers et a reçu le nom de *colostrum*. Le colostrum est très-alcalin, d'une coloration jaune, puis blanchâtre (le quatrième jour); il renferme de l'albumine qui se coagule par la chaleur, très-peu de caséine, un excès de beurre et de sucre; il contient, outre quelques globules graisseux, des éléments particuliers, *globules de colostrum*, de 0^{mm},013 à 0^{mm},04 de diamètre, formés par des globules de graisse enfermés dans une enveloppe et qui proviennent des cellules glandulaires. Quelques jours après l'accouchement, le lait acquiert ses propriétés normales; les globules du colostrum disparaissent dans les huit premiers jours. Le lait n'a pas du reste la même composition pendant toute la période de la lactation; la caséine et le beurre augmentent jusqu'au deuxième mois et diminuent, la première à partir du dixième mois, le second à partir du cinquième ou du sixième; le sucre diminue dans le premier mois et augmente à partir du huitième; enfin les sels augmentent dans les cinq premiers mois et diminuent ensuite progressivement. Le

Si on range ces différents laits d'après leur richesse on a le tableau suivant :

Eau.		Albuminates		Beurre.		Sucre de lait et sels.	
Jument..	828,37	Jument..	16,41	Anesse..	12,56	Femme..	45,02
Brebis ..	839,89	Anesse..	20,18	Femme..	26,66	Vache..	45,85
Vache...	857,05	Femme..	39,24	Vache...	43,05	Chèvre..	46,76
Chèvre .	863,58	Chèvre .	46,59	Chèvre..	43,57	Brebis ..	47,79
Femme..	869,08	Brebis ..	53,42	Brebis ..	58,90	Anesse..	57,02
Anesse..	910,24	Vache ..	54,04	Jument..	68,72	Jument .	85,50

Rôle physiologique du lait. — Le lait constitue la seule nourriture du nouveau-né et ne peut être complètement remplacé par aucun aliment. Il contient toutes les substances nécessaires à la constitution, à la réparation des tissus et à l'activité vitale, albuminates, hydrocarbonés, graisses et sels minéraux, et il les contient en proportions différentes de celles qui seraient nécessaires à l'alimentation d'un adulte; il y a surtout à remarquer la grande quantité de graisses et de phosphates terreux.

Bibliographie. — BOUCHARDAT et QUEVENNE : *Du Lait*, 1857. — BECQUERRÉ et VERROUX : *Annales d'hygiène*, t. XLIX et LXIX. — MARCHAND (Ch.) : *Du Lait et de l'allaitement*. Paris, 1874.

2. — MATIÈRE SÉBACÉE ET CÉRUMEN.

La *matière sébacée* est sécrétée par les glandes du même nom. C'est une matière huileuse, semi-liquide, qui, à l'air, se solidifie en une sorte de masse graisseuse blanche. Au microscope, on y trouve des cellules adipeuses, de la graisse libre, des lamelles épithéliales et quelquefois des cristaux de cholestérine.

La matière sébacée contient de l'eau, une matière albuminoïde analogue à la caseine, de la graisse 30 p. 100 qui consiste surtout en palmitine et oléine, des savons (palmitates et oléates alcalins), de la cholestérine, des sels inorganiques, chlorures et phosphates alcalins, et surtout des phosphates terreux.

Le *cérumen*, sécrété par les glandes cérumineuses du conduit auditif externe, est une substance onctueuse, jaunâtre, amère, constituée principalement par des gouttelettes graisseuses, mélangées à des lamelles épidermiques et à des cellules adipeuses. Il contient chez l'homme, d'après Petrequin et Chevalier, pour 1 000 parties : eau, 100, matières grasses, 260, corps solubles dans l'eau, 140; corps solubles dans l'alcool, 380, corps insolubles, 120.

La sécrétion spermatique ne commence que de 12 à 15 ans; mais le sperme ne contient pas encore de spermatozoides. Ceux-ci n'apparaissent qu'à l'âge de 18 à 20 ans (Mantegazza). La sécrétion testiculaire continue jusque dans un âge très-avancé, mais les caractères physiques du sperme sont modifiés: en général sa consistance diminue et il prend une coloration plus foncée, due à la présence de plaques grisâtres (sympexions) qui proviennent des vésicules seminales, cependant les spermatozoides existent encore, quoique plus rares, dans le sperme des vieillards (Duplay, Dieu).

Toutes les causes qui excitent l'érection (voir ce mot) augmentent la sécrétion spermatique.

Les différents liquides qui se mélangent au sperme pur présentent les caractères suivants :

Le liquide fourni par les *glandes du canal deferent* est, d'après Robin, peu filant, brunâtre ou gris jaunâtre; il donne au sperme une consistance déjà plus fluide et une coloration brunâtre.

Le liquide des *vésicules seminales* est brunâtre ou grisâtre, quelquefois jaunâtre, plus ou moins opaque, légèrement visqueux; il est riche en albumine. Il contient des cellules épithéliales et des plaques grisâtres (sympexions de Robin).

Le liquide *prostatique* est blanc, laiteux, alcalin et contient 2 p 100 de matières solides qui consistent surtout en matière albuminoïde et chlorure de sodium.

Le liquide des *glandes de Cowper* est filant, visqueux, alcalin.

D'après Robin, l'odeur spermatique n'existerait dans aucun de ces liquides et ne se développerait qu'au moment de l'éjaculation.

Le sperme est le liquide fécondant; mais le véritable élément fécondant est constitué par les spermatozoides auxquels le sperme sert de milieu; il ne fait par conséquent que maintenir leur activité vitale jusqu'au moment de l'éjaculation, et quand cette éjaculation se produit, il les entraîne avec lui et les transporte jusque dans la cavité utérine.

2. — MUCUS.

Le mucus est produit par les cellules épithéliales, spécialement par les cellules épithéliales des membranes muqueuses. Au

2° *Salive sous-maxillaire.* — a) *Homme.* Seringue aspirante. Introduction d'une canule dans le conduit excréteur — b). L'animal est placé sur le dos, la tête renversée, incision sur le bord interne de la mâchoire inférieure, incision du peaucier et du mylo-hyoïdien, on trouve au-dessous l'artère, la veine, le nerf lingual et le canal de Wharton reconnaissable à sa transparence. — c) *Cheval.* Même procédé.

3° *Salive sublinguale.* — a) *Chien.* Même procédé que pour la salive sous-maxillaire. Le conduit sublingual se trouve en dedans du canal de Wharton. — b) *Cheval.* Même procédé. — c) *Bœuf.* Incision dans l'espace intra-maxillaire, en arrière de la surface génienne (tchin).

4° *Salives artificielles.* — Triturer les glandes fraîches avec de l'eau distillée, légèrement phéniquée, et filtrer. Il vaut mieux employer le procédé de V. Wittich qui consiste à traiter le tissu glandulaire par la glycérine; on extrait ainsi complètement les ferments des glandes salivaires.

La salive est sécrétée par trois glandes salivaires paires, parotide, sous-maxillaire et sublinguale, la réunion de ces trois salives avec une petite quantité de liquide provenant des glandes buccales constitue la salive mixte.

1° *Salives particelles.*

1° *Salive parotidienne.* — La salive parotidienne est fluide, à peine filante, limpide et claire comme de l'eau; celle du cheval est quelquefois opalescente. Sa densité oscille entre 1,0031 et 1,0043. Sa réaction est alcaline, mais moins



Fig. 20. — Seringue à salive.
(Voir page 146.)

Fig. 20 — a conduit de Sténon venant s'ouvrir à la face interne de la joue, — b) extrémité de la seringue. — c, piston. — d, tige du piston. — e, bouchon troué dans la tige du piston.

sur la langue, cette salive devient très-visqueuse et ne coule qu'avec difficulté. On y rencontre alors beaucoup de muque et de corpuscules salivaires gélatineux (voir : *Salive sympathique*). Elle contient de la ptyaline et du sulfocyanure de potassium.

Comme on ne peut obtenir cette salive en quantité suffisante pour en étudier les caractères, on est obligé d'avoir recours aux animaux. Chez ceux-ci on reconnaît que la salive sous-maxillaire présente des différences, non-seulement d'une espèce à l'autre, mais aussi pour une même espèce, suivant les influences qui ont déterminé la sécrétion.

Chez le chien, quand on place une canule dans le canal de Wharton, on a un écoulement de liquide trouble, blanchâtre, qui s'arrête bientôt, mais reprend si on irrite la muqueuse buccale. Quand on applique sur la langue des acides, la salive est limpide, peu filante; quand ce sont des alcalis, elle est trouble, blanchâtre, visqueuse. Mais ces différences de sécrétion s'accroissent bien mieux si on isole et si on excite chacun des nerfs qui se rendent à la glande. La glande sous-maxillaire du chien reçoit trois nerfs (fig. 22), une branche de la corde du tympan et



Fig. 22. — Nerve de la glande sous-maxillaire du chien.

Fig. 22. — N, glande sous-maxillaire. — O, glande sublinguale. — SM, conduit de Wharton avec sa canule. — SL, conduit sublingual avec sa canule. — T, S, S', nerf lingual. — F, nerf facial. — i, corde du tympan. — q, ganglion sous-maxillaire. — g, ganglion supérieur. — P, filet sympathique allant à la glande. — j, artère maxillaire profonde. — V, nerf vidien. — l, rameau du lingual allant à la muqueuse buccale.

C. Salive du ganglion sous-maxillaire. — Si on coupe le lingual au-dessous de l'anastomose de la corde et le grand sympathique, certains excitants (électricité, éther, etc.), appliqués sur la langue, déterminent un écoulement de salive qui cesse immédiatement si on coupe le lingual entre la glande et le ganglion sous-maxillaire. Les excitants simplement gustatifs ne la produisent pas (Cl. Bernard). Cette salive n'a pas été étudiée. D'après Schiff (*Leçons sur la physiologie de la digestion*, t. I^{er}, p. 283), il faudrait donner à ces faits, dont il ne nie pas l'exactitude, une tout autre interprétation.

D. Salive paralytique. — Si on coupe tous les nerfs de la glande, on a un écoulement continu de salive un peu trouble, liquide, très-peu concentrée, qui s'arrête quand la dégénérescence, qui fait suite à la section, atteint la périphérie des nerfs. Cette même salivation se produit dans l'empoisonnement par le curare. Cette sécrétion se produit des deux côtés, même quand les nerfs d'une seule glande ont été coupés (Heidenhain); seulement, la salive de la glande intacte se rapproche de la salive de la corde du tympan.

3° Salive sublinguale. — La salive sublinguale est transparente, visqueuse et coule en un filet fin non interrompu qui peut aller de l'orifice de la fistule jusqu'à terre. Elle est alcaline et présente une grande quantité de corpuscules salivaires à mouvements amœboïdes. Elle se distingue des autres salives par sa forte proportion de mucine. D'après Heidenhain, elle contiendrait 27,5 p. 1,000 de parties solides (lapin); chez l'homme, le chiffre des principes solides irait jusqu'à 99,8 p. 1,000 (Kühne). On y a constaté la réaction du sulfocyanure de potassium. La glande sublinguale offre aussi le phénomène de la sécrétion paralytique.

4° Liquide des glandes buccales. — Ce liquide, qu'on peut obtenir à part en détournant la sécrétion des trois glandes salivaires, est très-visqueux, filant, fortement alcalin, et ressemble beaucoup à celui de la glande sublinguale.

2° Salive mixte.

La salive mixte est un composé des quatre espèces de salives qui viennent d'être étudiées, et ses caractères varient suivant la proportion de chacune des salives partielles. A l'état ordinaire,

Composition chimique de la salive mixte. — La salive mixte de l'homme contient environ 5 p. 1,000 de principes solides. Les substances organiques de la salive mixte sont l'albumine, la globuline, de la mucine (en quantités variables), et une substance spéciale à la salive, la *ptyaline* qui a la propriété de transformer l'amidon en sucre. La *ptyaline* ou *diastase salivaire* peut être obtenue par divers procédés de préparation; celui qui donne la ptyaline la plus pure paraît être celui de Cohnheim. On recueille une certaine quantité de salive fraîche en excitant la muqueuse buccale par les vapeurs d'éther; on l'acidifie fortement avec l'acide phosphorique ordinaire et on ajoute de l'eau de chaux jusqu'à réaction alcaline; il se produit un précipité de phosphate de chaux basique qui entraîne mécaniquement toutes les matières albuminoïdes et la ptyaline. On filtre et on traite le résidu par l'eau qui enlève la ptyaline en laissant les substances albuminoïdes sur le filtre. L'eau de lavage, avec l'alcool, donne un précipité floconneux, blanchâtre, qu'on dessèche dans le vide avec de l'acide sulfurique. On obtient ainsi une poudre blanc grisâtre, constituée par de la ptyaline mélangée de phosphates. On l'isole de ces derniers en la dissolvant dans l'eau, précipitant par l'alcool absolu, lavant le précipité à l'alcool étendu, puis avec un peu d'eau et desséchant à une basse température.

La ptyaline ainsi obtenue est une substance azotée, elle est facilement soluble dans l'eau et rentre dans la catégorie des ferments solubles. Elle transforme très-rapidement l'amidon en glycose, et cette propriété persiste, qu'elle soit neutre, faiblement acide (acide chlorhydrique à 0,1 p. 100, ou alcaline; cependant un excès d'alcali ou d'acide la lui enlève; la présence d'une trop forte proportion de sucre (1,5 à 2,5 p. 100) s'oppose à la continuation de la transformation et, pour qu'elle reprenne, il faut étendre la liqueur. En prenant ces précautions, on peut, avec une quantité très-petite de ptyaline, transformer d'énormes quantités d'amidon en sucre. La ptyaline agit donc comme un ferment. La propriété saccharifiante de la ptyaline n'est pas altérée par les autres sucs digestifs, et elle est le seul principe saccharifiant qui existe dans la salive. Elle se rapproche de la diastase de l'orge germée et de l'émulsine des amandes; mais elle s'en distingue en ce que ces substances ont leur maximum d'action à 66°, tandis que la ptyaline se détruit à 60°.

Contrairement à l'opinion de quelques auteurs, la salive de

Pour l'influence du système nerveux sur la salive, voir : *Sécrétions et Innervation*.

Physiologie comparée. — La salive sous-maxillaire du *chien* a été étudiée à propos de la salive sous-maxillaire. La salive mixte est visqueuse, filante, limpide, et contient peu de débris épithéliaux et de corpuscules salivaires. — La salive du *cheval* est trouble, gris jaunâtre, peu visqueuse et contient des débris d'épithélium. — La salive sous-maxillaire du *mouton* est peu filante, fortement alcaline. — La salive du *lapin* est claire, jamais filante, alcaline; elle ne contient pas de mucine. — Le sulfocyanure de potassium ne paraît pas exister dans les salives animales.

Voici des analyses comparatives de la salive chez plusieurs animaux :

Pour 1,000 parties.	Cheval.	Vache.	Bélier.	Chien.
Eau	992,00	990,74	989,00	989,63
Mucus et albumine . . .	2,00	0,44	1,00	3,58
Carbonate alcalin . . .	1,08	3,38	3,00	—
Chlorures alcalins . . .	4,92	2,85	6,00	5,82
Phosphates alcalins . . .	Traces.	2,49	1,00	0,82
Phosphates terreux . . .	Traces.	0,10	Traces.	0,15

Les trois premières sont dues à Lassaigne, la dernière à Jacobowitsch.

Rôle physiologique de la salive. — *En dehors de la digestion*, la salive agit en empêchant la sécheresse de la muqueuse buccale, sécheresse qui serait incompatible avec l'intégrité du goût. Par son sulfocyanure de potassium, elle s'oppose peut-être à la décomposition des parcelles alimentaires restées entre les dents. En outre, la salive étant sécrétée incessamment, même pendant le sommeil, est déglutie instinctivement, et comme, à chaque mouvement de déglutition, la trompe d'Eustache s'ouvre et met en communication l'air de la caisse et l'air extérieur, cette sécrétion salivaire sert ainsi indirectement à l'audition en maintenant la pression normale de l'air de la caisse.

Pendant la digestion, la salive a trois usages principaux : — 1° elle dissout les parties solubles des aliments et même, par son alcalinité, peut dissoudre certaines substances albuminoïdes. —

naît une certaine quantité de suc gastrique. — Spallanzani faisait sucer aux animaux des éponges retenues par un fil et les retirait quand elles étaient imprégnées de suc gastrique. — Tiedemann et Gmellin suçaient les animaux après leur avoir fait avaler des corps irritants insolubles. — Mais c'est le procédé des *fistules gastriques* qui a permis de se procurer du suc gastrique pur en quantité suffisante pour les expériences. Chez l'homme, on a pu recueillir du suc gastrique et étudier les phénomènes de la digestion dans des cas de fistule stomacale. La figure 23, page 155, représente une fistule stomacale chez un Canadien, Saint-Martin, observé par W. Beaumont, qui put faire sur l'homme une série d'expériences sur la digestion des divers aliments.

Blondlot et Bassow pratiquèrent les premiers les fistules gastriques artificielles chez les animaux. Ces opérations réussissent bien, surtout sur les chiens, et n'affectent en rien leur santé générale. Les fistules gastriques peuvent être pratiquées en deux temps (procédé Blondlot) ou en un seul temps (Bassow, Cl. Bernard). — *Pr. Blondlot.* On prend un chien en pleine digestion et on fait le long de la ligne blanche une incision de 7 à 8 centimètres partant de la ligne blanche; le péritoine une fois ouvert, on attire l'estomac entre les lèvres de la plaie et on le traverse de part en part avec un fil d'argent; les deux extrémités du fil sont tordues sur un petit bâtonnet de manière à amener la portion de l'estomac comprise dans l'anse en contact avec la paroi abdominale, des adhérences s'établissent, et après la chute de l'escarre il n'y a plus qu'à placer une canule dans la plaie. Le procédé de Blondlot est surtout applicable aux fistules d'un grand diamètre comme les pratique Schiff dans certains cas particuliers. — Dans le procédé à un seul temps, l'introduction de la canule se fait immédiatement après l'ouverture de l'estomac, seulement comme les bords de la plaie se tuméfient après l'opération, pour qu'ils ne soient pas comprimés entre les bords de la canule, Cl. Bernard emploie une canule à vis (fig. 24) dont on peut écarter les bords.



Fig. 24. — Canule à vis destinée à écarter les bords de la plaie.

Fig. 24. — AB, coupe de la canule. — C, rebords de la canule. — C, visillon qui tourne dans la clef destinée à visser et à diviser les deux parties de la canule. — D, tête de la vis de face. — E, ouverture de la canule vue entière et par une de ses extrémités.

fistules gastriques chez d'autres animaux, chat, lapin, etc. Le procédé du reste ne diffère pas. Mais le chien est l'animal le plus commode pour ces sortes d'expériences. Chez les ruminants, la fistule doit être pratiquée sur la caillotte, la seule partie qui fournisse du suc gastrique. Sur des lapins porteurs de fistules gastriques, j'ai constaté que l'estomac se vidait complètement dans l'intervalle des digestions, à l'inverse de ce qui existe habituellement.

Suc gastrique artificiel. — Il se obtient en traitant la muqueuse stomacale par la glycérine, et en acidulant la liqueur par l'acide chlorhydrique dilué ou l'acide lactique.

Le suc gastrique, sécrété par les glandes à pepsine de l'estomac, est incolore, très-fluide, d'une limpidité presque parfaite, sauf parfois un peu d'opalescence, d'une odeur sui generis, d'une saveur fade, aigrelette. Si on le filtre pour le débarrasser des débris épithéliaux qui peuvent s'y trouver, il se conserve très-longtemps sans altération. Sa densité est un peu supérieure à celle de l'eau, 1,005 environ, sa réaction fortement acide.

La quantité de suc gastrique sécrété dans les vingt-quatre heures est difficile à préciser; on l'a évaluée à un dixième du poids du corps, soit environ 6 kilogrammes, soit 90 grammes par kilogramme de poids du corps. Chez une femme atteinte de fistule gastrique, Bidder et Schmidt ont constaté un écoulement de 500 grammes par heure.

Composition chimique. — Chez l'homme, le suc gastrique contient 10 p. 1,000 de principes solides qui consistent en pepsine, un acide libre et des sels.

La pepsine est une substance qui se présente sous différents aspects, suivant le procédé d'extraction. Jusqu'ici il a été impossible de l'obtenir à l'état de pureté absolue, le procédé qui donne les meilleurs résultats est celui de Birtcke. On fait digérer la muqueuse stomacale à 40° avec de l'acide phosphorique étendu on neutralise par la chaux, il se précipite du phosphate neutre de chaux qui entraîne mécaniquement la pepsine, le précipité est lavé, dissout dans l'acide chlorhydrique étendu, on ajoute à la solution de la cholestérine dissoute dans quatre parties d'alcool et une partie d'éther la cholestérine se précipite avec la pepsine. Le précipité est lavé à grande eau, repris par l'éther; la couche étherée est décantée et la solution aqueuse restante contient la pepsine pure qu'on abandonne par l'évaporation. Ainsi obtenue, la pepsine se présente sous l'aspect d'une poudre grise, amorphe, peu hygroscopique, peu

le chien, le mouton et le cheval; les quatre premières sont à C. Schmidt; la dernière à Frerichs :

Pour 1,000 parties.	HOMME. — Suc g. contenant de la salive.	CHIEN. — Suc g. sans salive.	CHIEN. — Suc g. avec la salive.	MOUTON. CHI	
Eau	994,40	973,0	971,2	986,15	9
Matières solides	5,60	27,0	28,8	13,85	
Matière organique	3,19	17,1	17,3	4,05	
Chlorure de sodium. . . .	1,46	2,5	3,1	4,36	
Chlorure de potassium. . .	0,55	1,1	1,1	1,52	
Chlorure d'ammonium . . .	—	0,5	0,5	0,47	
Chlorure de calcium . . .	0,06	0,6	1,7	0,11	
Acide libre	0,20	3,1	2,3	1,23	
Phosphate de chaux . . . }		1,7	2,3	1,18	
Phosphate de magnésie . . }	0,12	0,2	0,3	0,57	
Phosphate de fer }		0,1	0,1	0,33	

Le suc gastrique des carnivores est identique qualitativement à celui des herbivores; les proportions seules d'acide et de pepsine diffèrent et ces substances paraissent être en plus forte proportion dans le suc gastrique des carnivores.

La sécrétion de suc gastrique est intermittente. Elle n'est continue que chez les animaux qui, comme le lapin, ont l'estomac toujours rempli d'aliments. Cette sécrétion peut provenir d'excitations portées directement sur la muqueuse, soit d'excitations éloignées. Les irritations mécaniques (chatouillement d'une barbe de plume, présence de sable, etc.), l'eau froide glacée, l'éther, déterminent, quand l'estomac est convenablement disposé (voir : *Mécanisme de la sécrétion*), un afflux de suc gastrique, non-seulement au point touché, mais sur toute la surface de la muqueuse. Cette sécrétion est surtout activée par les liquides alcalins, qui sont rapidement neutralisés, et spécialement par la salive; aussi l'arrivée des aliments dans l'estomac produit-elle une sécrétion qui persiste pendant toute la digestion stomacale. Les impressions gustatives et les excitations qui amènent la sécrétion ont la même influence. Toutes ces causes agissent rapidement et avec plus d'intensité si l'estomac est à jeun depuis un certain temps. Au contraire, quand l'estomac est épuisé, après une longue digestion, par exemple, son excitation ne produit plus qu'une sécrétion de mucus stomacal ou de suc gastr

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE.

flanc nacré. On ouvre ce conduit avec des ciseaux fins, il s'en
 des grosses gouttes incolores et l'on y introduit une canule que
 par un fil et qui sort par la plaie de l'abdomen qu'on recuit
 points de suture. La canule tombe au bout de quelques jours et
 se cicatrise, de sorte qu'on n'a ainsi qu'une fistule temporaire.
 are 28 représente un chien porteur d'une fistule pancréatique par



Fig. 24. - Chien de berger porteur d'une fistule pancréatique (Pr. de Ludwig et Weinmann)

le procédé de Cl. Bernard. - Pour empêcher
 che a obtenu des fistules permanentes. Pour empêcher
 conduit pancréatique, ils y introduisent un fil de plomb
 suture de la plaie abdominale, les parois du conduit
 trice et on place une canule dans son orifice. - 2
 G. Colin. Le conduit pancréatique, souvent détaché de
 étendue de 2 à 3 centimètres, peut recevoir une
 mètres de diamètre. On fait dans le flanc droit, à 1
 de doigt de la dernière côte, une incision qui loi
 l'incision du péritoine, le canal pancréatique appa

Fig. 25 - A, canule - B, verre pour recueillir le suc pan

ou mieux encore avec la glycérine, d'après le procédé de V. Il faut choisir le moment où la glande est rouge et en état d'

Opérations sur le pancréas. — 1° *Extirpation du pancréas.* par Brunner et Cl. Bernard; les animaux meurent ordinairement de péritonite. Les oiseaux survivent cependant à cette extirpation (Schiff). — 2° *Ligature des conduits pancréatiques.* Mêmes procédés pour les fistules; les conduits se rétablissent au bout de peu de temps. — 3° *Destruction du pancréas.* Une injection de graisse dans le pancréas amène une dissolution consécutive de la glande, mais les animaux meurent au bout de quelque temps (Cl. Bernard); Schiff, au lieu de la graisse, injecte de la paraffine; la glande se transforme en une masse dure et les animaux supportent bien l'opération.

Le suc pancréatique présente des caractères différents de celui qu'on l'obtient par des fistules temporaires ou par des fistules permanentes.

Le *suc des fistules temporaires* est limpide, incolore, visqueux, filant, et coule lentement de l'orifice de la fistule par gouttes perlées et sirupeuses, sans odeur caractéristique et avec un goût salé analogue au sérum sanguin. Il devient mousse à l'agitation, se prend en masse par la chaleur, et par le refroidissement donne un coagulum gélatiniforme. Il est très-fortement alcalin et contient 10 à 15 p. 100 de principes solides. C'est ce qu'on appelle le suc pancréatique normal.

Le *suc des fistules permanentes* est liquide, incolore, et coule facilement, ne se prend pas en masse par la chaleur, ne se coagule pas par le refroidissement. Il ne contient que 5 p. 100 de principes solides, est moins alcalin que le précédent et n'est probablement que du suc pancréatique altéré et différent de celui qui est sécrété pendant la vie.

La *quantité* de suc pancréatique sécrété en vingt-quatre heures est encore plus difficile à évaluer que celle des autres sécrétions digestives. Bidder et Schmidt, dans des fistules temporaires, ont trouvé 4 grammes environ par kilogramme de poids du corps chez le chien, chiffre probablement trop faible. Par contre, les chiffres trouvés dans les cas de fistules permanentes sont évidemment exagérés. En calculant chez l'homme d'après le poids du pancréas, on peut admettre le chiffre approximatif de 250 grammes en vingt-quatre heures, soit 3^{es}.6 par kilogramme de poids du corps.

Le suc pancréatique a la composition chimique suivante :
contient :

La sécrétion du suc pancréatique est essentiellement intermittente; elle débute presque immédiatement après l'ingestion de aliments et leur arrivée dans l'estomac, et atteint son maximum quelques heures après, puis elle diminue peu à peu, sans qu'il soit possible d'affirmer qu'elle cesse complètement dans l'intervalle de deux digestions. S'il faut en juger d'après ce qu'on voit sur des animaux porteurs de fistules, les caractères du suc pancréatique varieraient suivant le moment de la digestion; au début de la digestion, il serait visqueux, filant, très-coagulable; à la fin au contraire il se rapprocherait de celui des fistules permanentes.

Les conditions de la sécrétion sont difficiles à préciser. La plus importante est, sans contredit, l'état même de la nutrition générale de l'animal. Une riche alimentation augmente, non seulement la quantité, mais la qualité du suc pancréatique; au contraire, toutes les causes qui déterminent un trouble de la nutrition (inflammations, etc.) amènent un trouble correspondant de la sécrétion, c'est ce qui rend si difficiles et si dangereuses les opérations sur le pancréas.

A l'état physiologique, la sécrétion paraît avoir pour point de départ les excitations qui portent sur la muqueuse de l'estomac et de l'intestin (abord des aliments). L'éther introduit dans l'estomac produit une sécrétion abondante de fluide pancréatique (Cl. Bernard).

Le rôle physiologique du suc pancréatique sera étudié en propos de la digestion intestinale.

Bibliographie. — CL. BERNARD : *Mémoire sur le Pancréas*, 1856.

4. — SUC INTESTINAL.

Procédés pour obtenir le suc intestinal. — 1° *Fistule intestinale simple.* Le suc intestinal ainsi obtenu n'est pas pur. Il est mélangé à d'autres sécrétions et aux résidus alimentaires. — 2° *Ligature d'une anse d'intestin.* On comprend une anse d'intestin entre deux ligatures et deux compresseurs spéciaux (Conn), comme dans la figure 30, page 16, et au bout d'un certain temps on recueille le liquide qu'elle contient. — 3° *Fistule intestinale par le procédé de Thiry.* On incise l'abdomen; on isole une certaine longueur d'anse intestinale en la sectionnant aux deux bouts, de façon à la séparer du reste de l'intestin tout en respectant le mésentère, et on réunit par une suture les deux bouts d'intestin ainsi obtenus; on ferme alors par une ligature à une de ses

inversif, qui transforme le sucre de canne en sucre interverti, mélange de glycose et de lévulose. Thiry a obtenu en une heure le maximum de 4 grammes de sécrétion pour une surface d'intestin de 30 centimètres carrés. Elle augmentait dans le cul-de-sac fistuleux quand le reste de la muqueuse était en pleine activité digestive.

La sécrétion du suc intestinal ne paraît pas être continue ; mais elle se montre dès que des excitations mécaniques ou chimiques sont portées sur la muqueuse ; on a retrouvé dans le suc intestinal l'iode, le brome, les cyanures, la lithine, introduits dans l'organisme.

Le suc intestinal ne doit pas être confondu avec le mucus intestinal, matière filante, visqueuse, formée par des débris de cellules épithéliales.

Pour l'action du suc intestinal, voir : *Digestion intestinale*.

Le liquide du gros intestin est alcalin et présente à peu près les mêmes caractères que le liquide de l'intestin grêle.

CHAPITRE QUATRIÈME.

TISSUS ET ORGANES.

ARTICLE PREMIER. — CHIMIE DES TISSUS.

1. — TISSUS CONNECTIFS.

Les tissus connectifs peuvent, au point de vue chimique, se classer en quatre groupes : 1° les *tissus collagènes*, tissu connectif proprement dit et os, qui donnent de la gélatine par l'ébullition ; 2° le *tissu connectif embryonnaire*, qui contient une substance analogue à la mucine ; 3° le *tissu élastique*, constitué par l'élastine, et 4° les *tissus chondrigènes*, qui fournissent de la chondrine comme les cartilages.

1° *Tissus collagènes*. — La substance collagène forme la matière principale du tissu connectif ordinaire tel qu'on le rencontre, par exemple, dans les tendons. En outre, on y trouve une petite quantité d'une substance albuminoïde particulière, des sels et de la graisse, qui, dans le tissu adipeux, dérivé du tissu connectif,

chaux prédomine dans le tissu compacte, comme l'indiquait la lyse précédente. L'influence de l'âge, qui, d'après certains auteurs, amènerait une plus forte proportion de sels terreux, est douteuse. Le sexe paraît aussi sans influence. Les os de carnivores sont plus riches en carbonate de chaux que ceux des herbivores. Papillon a montré qu'on peut, en introduisant dans l'alimentation de la magnésie, de la strontiane et de l'alumine, remplacer dans les os une partie de la chaux par ces sels sans altérer la structure et les propriétés de l'os.

Les *dents* doivent être rapprochées des os. Le *céram* a une composition identique à celle de l'os. L'*ivoire* et surtout le *corne* s'en écartent plus, comme le montrent les chiffres de la lyse précédente.

2° *Tissu connectif embryonnaire*. — Le tissu connectif embryonnaire ne contient pas de substance collagène, mais une substance analogue à la mucine. C'est aussi à ce tissu qu'appartient le corps vitré.

Peut-être faut-il y ranger encore la substance unissante des éléments anatomiques, telle, par exemple, qu'on la rencontre entre les cellules épithéliales; cette substance unissante possède un caractère, très-important au point de vue histologique, elle se imprégner facilement de nitrate d'argent qui se réduit en solution sous la lumière en prenant une coloration noire. (V. Recklinghausen).

3° Le *tissu élastique* est constitué presque entièrement par l'élastine et se distingue de tous les autres tissus connectifs par sa résistance à presque tous les réactifs.

4° Les *substances chondrigènes* comprennent en premier lieu le cartilage hyalin qui donne de la chondrine par l'ébullition.

Le cartilage contient de 54 à 70 p. 100 d'eau, de la substance chondrigène, un peu de graisse et 2 à 3 p. 100 de sels. Les sels minéraux consistent en phosphates de chaux et de magnésie, chlorure de sodium, carbonate de soude et sulfates de magnésie provenant probablement du soufre des matières albumineuses. Ce qui caractérise à ce point de vue le cartilage, c'est la grande proportion de sels de potasse qu'il contient, ce qui s'accorde avec ce fait que le cartilage est dépourvu de vaisseaux sanguins et que l'âge augmente la proportion de sels minéraux.

La cornée, qui donne non de la gélatine, mais de la chondrine par l'ébullition, doit être rapprochée du cartilage, quoiqu'il est probable que la chondrine ne soit pas identique à la chondrine du cartilage.

Le *cristallin* a la composition suivante (Berzélius) chez bœuf:

Pour 1,000 parties.

Eau	580,0
Matières solides.	420,0
Globuline	359,0
Fibres du cristallin : . . .	24,0
Extrait alcoolique	24,0
Extrait aqueux	13,0

Il contient en outre un peu de matières grasses et de la cholestérine.

3. — TISSU MUSCULAIRE.

Le tissu musculaire se compose chimiquement de deux parties : la substance musculaire proprement dite ou *plasma musculaire* et un résidu insoluble formé par le sarcolemme, des noyaux et un peu de graisse. La nature chimique de ces différentes substances, ainsi que des *sarcous éléments*, est très-incertaine.

Le *plasma musculaire* est liquide sur le vivant, neutre faiblement alcalin, et spontanément coagulable. Il doit cette coagulation spontanée à une substance particulière, la *myosine*, après la coagulation il reste un liquide, le sérum ou suc musculaire.

La *myosine* ou caillot musculaire est transparente, gélatineuse, spontanément coagulable et comme la fibrine décomposée par l'eau oxygénée. Sa coagulation est accélérée par la chaleur (+ 40°) ; elle est retardée par le froid ; les acides étendus, l'ammoniaque, etc. ; elle est retardée par le froid ; les acides la transforment en syntonine.

Le *sérum musculaire* contient les substances suivantes :

1° Des albuminoïdes, albuminate de potasse, albumine ordinaire et caséine ;

2° Des traces de ferments, pepsine (Brücke) et ptyaline (Pawlowsky) ;

3° Une matière colorante, qui, d'après Kühne, serait différente de l'hémoglobine du sang ;

4° Des principes azotés, créatine, créatinine, xanthine, hypoxanthine, carnine, acide inosique, taurine, acide urique et urée ;

5° Des principes non azotés, acide sarcolactique, inosite.

optiques et les corps striés, par contre, contiennent le n de graisses. En général, il y a une proportion inverse ent quantité de graisse d'une région et sa richesse en eau. La stance grise est beaucoup plus pauvre en graisse que la subst blanche.

Cette différence, eu égard à la quantité de graisse, ent substance blanche et la substance grise n'existe pas chez l bryon (Schlossberger). Les centres nerveux contiennent chez lui une plus grande quantité d'eau. Par les progrès de la proportion de graisse du cerveau diminue, tandis que le huminates paraissent augmenter; la proportion d'eau ne p pas en être influencée.

La composition des nerfs se rapproche de celle des ce nerveux.

2. — FOIE.

La réaction du foie frais est alcaline; après la mort, ell acide (transformation de la substance glycogène en acide l que?). Le foie renferme 60 à 70 p. 100 d'eau, des substa albuminoïdes de nature diverse, de la substance collagène, matières extractives, sarcine, xanthine, leucine, acide uri urée (pendant la digestion, d'après Heynsius), des graisses, cholestérine, de la matière glycogène, de la glycose, de l'in (bœuf), de l'acide lactique, des sels à acides gras volatils et substances minérales (1 p. 100). La créatine, la créatinine yrosine y sont absentes.

Le tableau suivant donne les analyses du foie de l'homn de quelques animaux par V. Bibra :

Pour 1,000 parties.	Homme.	Bœuf.	Veau.
Eau.	761,7	713,9	728,0
Matières solides. . . .	238,3	286,1	272,0
Tissus insolubles . . .	91,4	121,3	110,4
Albumine soluble . . .	21,0	16,9	19,0
Glutine	33,7	65,1	47,2
Matière extractive . . .	60,7	53,1	71,5
Graisse	25,0	29,6	23,9

Les cendres du foie, d'après Oidtmann, ont la compos

la cystine (qui est spéciale au rein; Cloetta), de l'urée et de l'acide urique, des graisses (0,1 à 0,63 p. 100), de l'inosite (1 p. 100) dans les reins de bœuf, d'après Cloetta, de l'ammoniaque et des matières inorganiques.

Glandes salivaires. — Elles renferment 79,03 p. 100 d'eau, 20,45 p. 100 de matières organiques (albumine, leucine, caséine analogue à la xanthine, mucine) et 1,51 de matières inorganiques.

Pancréas. — Le pancréas contient 745 p. 1,000 d'eau, 246 p. 1,000 de matières organiques et 9 parties de cendres. Les matières organiques consistent en substances albuminoïdes (albumine, caséine, une albumine spéciale), une forte proportion de leucine (1 p. 100), de la tyrosine, de la guanine, de la xanthine, de la talanine (pancréas de veau), de l'acide lactique, des acides volatils, un ferment amorphe qui aurait les propriétés du pancréatique et se rapprocherait de l'émulsine (Hufner) et des

Poumons. — Ils peuvent, au point de vue chimique, être rapprochés des organes glandulaires. Ils contiennent 796,95 p. 1,000 d'eau, 198,19 de matières organiques et 5,76 de matières minérales. Les matières organiques comprennent des substances albuminoïdes coagulables, de la leucine, de la taurine, de l'acide urique, un acide particulier, acide pneumique de Robin et Verdier (qui n'est probablement qu'un mélange d'acide lactique et de taurine), de l'ammoniaque (pas constante), des lactates, de la glycogène chez le fœtus (Cl. Bernard, Rouget), de l'inosite, du pigment mélanique et des sels, phosphates de sodium et de potassium, chlorure de sodium et une assez forte proportion de

4. — GLANDES VASCULAIRES SANGUINES.

Rate. — A l'état frais, la rate est alcaline. Elle contient, d'après Ordmann, pour 1,000 parties, 775 parties d'eau, 180 à 200 parties de matières organiques, et 5 à 9,5 de cendres. Parmi les matières organiques, on rencontre des substances azotées, leucine, tyrosine², xanthine, hypoxanthine, taurine, acide urique, des acides succinique, acétique, formique, lactique et butyrique, de l'inosite (en quantité considérable, Cloetta). L'analyse des cendres de la rate a été donnée page 177.

Capsules surrénales. — Les capsules surrénales contiennent

d'oxydation qui se retrouvent dans les excréments. Les produits terminaux de l'oxydation des substances albuminoïdes sont l'urée et l'acide carbonique, ceux des hydrocarbures gras sont l'eau et l'acide carbonique; mais il existe entre les deux extrêmes, un grand nombre de produits d'oxydation intermédiaires, qui se rencontrent aussi dans les urines, les organes ou les tissus. Aussi peut-on considérer aujourd'hui comme démontré que ce n'est que par phases successives les matériaux azotés ou non azotés s'oxydent et qu'ils n'arrivent d'emblée aux termes ultimes de la série, urée, eau et acide carbonique. Le tableau suivant donne la liste des produits azotés ou non azotés, classés, autant que possible, d'après leur richesse en carbone et la proportion relative d'oxygène qu'ils contiennent. Les quantités de soufre et de phosphore qui entrent dans quelques-unes de ces substances ont été laissées de côté; on a indiqué que les proportions de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène.

Produits de désassimilation azotés.					Produits de désassimilation non azotés.	
	C.	H.	Az.	O.		C.
<i>Albumine</i> ..	108	169	27	34	<i>Stéarine</i> ...	57
<i>Lécithine</i>	42	83	1	9	<i>Oléine</i> ...	57
<i>Hématine</i>	34	34	4	5	<i>Palmitine</i> }	51
<i>Acide glycocholique</i> . .	26	43	1	6	<i>Cholestérine</i> . .	54
<i>Acide taurocholique</i> ...	26	45	1	7	<i>Dysisysine</i> . . .	24
<i>Indican</i>	26	31	1	17	<i>Acide choïdrique</i> .	24
<i>Cérobline</i>	17	38	1	3	<i>Acide cholalique</i> ...	24
<i>Bilirubine</i>	16	18	2	3	<i>Excrétine</i>	20
<i>Bilofasine</i>	16	20	2	4	<i>Acide stéarique</i> .	18
<i>Bilverdine</i>	16	20	2	5	<i>Acide oléique</i> . .	18
<i>Biliprasine</i>	16	22	2	6	<i>Acide palmitique</i> .	16
<i>Trobiline</i>	32	40	4	7	<i>Acide caprique</i> . .	10
<i>Indigo</i>	16	10	2	2	<i>Acide caprylique</i> .	8
<i>Troglauine</i>	8	5	1	1	<i>Acide caproïque</i> . .	8
<i>Acide cryptophanique</i> .	10	18	2	10	<i>Acide butyrique</i> ...	4
<i>Acide moutique</i> . . .	10	14	4	11	<i>Acide propionique</i> ..	3
<i>Tyrosine</i>	9	11	1	3	<i>Acide acétique</i> . .	2
<i>Acide hippurique</i> . . .	9	9	1	3	<i>Acide formique</i> ...	1
<i>Leucine</i>	6	13	1	2	—	—
<i>Choline</i>	5	15	1	2	<i>Acide benzoïque</i> . .	7
<i>Butalanine</i>	5	11	1	2	<i>Acide damaturique</i> .	7
<i>Guanine</i>	5	5	5	1	<i>Acide laurylique</i> ...	7

chaux excrétés, on est en droit de conclure que, à l'état de l'acide urique est un degré intermédiaire d'oxydation entre les principes moins oxygenés et l'urée.

L'agent de ces oxydations internes est évidemment l'oxygène introduit par la respiration, seulement, dans nos laboratoires, ces oxydations ne peuvent s'accomplir que sous l'influence d'oxydants très-energiques ou de températures très-élevées incompatibles avec la vie, dans l'organisme, au contraire, ces oxydations s'accomplissent à la température du corps; il semblerait d'abord, qu'il y a là une action spécifique, vitale, différente des actions chimiques ordinaires, mais, en réalité, il n'est rien. Gorup-Besanez a montré que ces mêmes oxydations pouvaient se produire, dans nos laboratoires, à de basses températures, en employant l'ozone au lieu de l'oxygène, vu plus haut (voir: *Sang*) que l'oxygène des globules rouges se trouve très-probablement à l'état d'ozone dans l'oxyhémoglobine. En outre, on verra plus loin que la graisse peut être, dans certaines conditions, un oxydant énergique (voir: *gras*).

Quant au lieu de ces oxydations, cette question sera traitée plus loin à propos de la nutrition. Mais ce qu'il y a de certain, c'est que l'intervention des tissus est nécessaire. P. Selinger et Ch. Ristler ont démontré que le sang, abandonné même, ne subit qu'une desoxygénation très-lente; il n'y a que 3 à 4 centimètres cubes d'oxygène de perdus par 100 grammes de sang, tandis que le simple contact avec les tissus suffit pour transformer rapidement le sang artériel en sang veineux.

Ces oxydations dominent toute la vie animale, elles sont une condition essentielle de la production de forces vives, et, on le verra plus loin, la plus grande partie de la production de chaleur, de travail mécanique et d'innervation, peut être rapportée à des phénomènes d'oxydation.

B — DÉDOUBLEMENTS.

Le *dédoubllement*, dans son acception la plus simple, est la séparation d'une substance organique en deux ou plusieurs composés, dont la somme représente exactement la substance

dédoublément qu'agiraient alors les oxydations. Cependant ces questions sont encore tellement obscures, qu'il est bien de ne pas de poser des lois générales et qu'on en est réduit à de simples suppositions.

C. — RÉDUCTIONS.

Les phénomènes de réduction, si communs et si importants dans la vie de la plante, n'ont qu'un rôle secondaire dans celle de l'animal. Pourtant ils se présentent aussi chez lui, ainsi l'acide quinique ingéré se transforme en acide benzoïque, en absorbant de l'oxygène : $C^H^4O^4 = C^H^3O^3 + 3H^2O + O$. Mais il s'agit là qu'un phénomène accidentel, tandis que nous trouvons la formation de la graisse, aux dépens des hydrocarbures, un exemple frappant de réduction, telle que celle qui se produit dans les graines huileuses au moment de la maturation ; les hydrocarbures perdent de l'oxygène pour se transformer en graisses.

L'indol et la triméthylamine, qu'on rencontre en petite quantité dans certains liquides de l'organisme, sont probablement le résultat de des processus de réduction.

2° SYNTHÈSES.

La formation des composés organiques par synthèse dans l'animal vivant est beaucoup moins connue et paraît plus générale que la décomposition. Dans certains cas, cette synthèse se réduit à une simple hydratation ; c'est ainsi que la créatine se transforme en créatine en prenant un équivalent d'eau : $C^H^4Az^3O + H^2O = C^H^4Az^3O^2$. Un cas un peu plus complexe est fourni par l'apparition de l'acide hippurique dans les urines après l'ingestion d'acide benzoïque, l'acide benzoïque s'unit au glycocolle pour former de l'acide hippurique et de l'eau : $C^H^3O^2 + C^H^4Az^3O^2 = C^H^4Az^3O^3 + H^2O$.

Quant aux procédés synthétiques par lesquels se forment diverses matières albuminoïdes et les différents principes qui entrent dans la constitution des tissus, on ne sait à peu près rien de positif. La chimie a bien pu reproduire, par la synthèse organique, une partie des principes azotés ou non azotés qu'on trouve dans l'organisme animal, ainsi l'urée (Wöhler),

Ferments : diastase de l'orge germée; ptyaline ou diastase salivaire; ferment pancréatique; partie soluble de la levûre de bière (Berthelot; morozymase de Béchamp (ferment de la mûre blanche et d'autres végétaux, etc.); toutes les matières albuminoïdes des tissus et les liquides animaux en voie de décomposition (Lengendie, Berthelot, Lepine, etc.

2° Transformation du sucre de canne en sucre interverti et glycose. — Ferments : ferment inversif du suc intestinal, partie soluble de la levûre de bière (Berthelot);

3° Transformation de glucosides saligenine, amygdaline, etc. en glycose et composés divers. — Ferments : synaptase émulsine;

4° Transformation de la glycérine et de la mannite en glycose. — Ferment : tissu testiculaire (Berthelot);

5° Transformation de la glycérine et de la mannite en alcools. — Ferments : matières organiques azotées en décomposition (Berthelot);

6° Transformation des graisses en acides gras et glycérine. Ferment pancréatique;

7° Transformation des albuminoïdes en peptones. — Ferment pepsine; ferment pancréatique, etc.

Les produits de la fermentation sont tantôt de simples transformations isomériques (transformation de l'amidon en dextrin), tantôt des hydratations (sucre de canne en glycose), tantôt des dedoublements (fermentation des glucosides). Pour que les fermentations s'accomplissent, il faut l'intervention de certaines conditions d'humidité et de température, conditions qui se trouvent réunies dans l'organisme humain. La réaction du milieu dans lequel se produit la fermentation a aussi son influence, comme on le voit dans les fermentations digestives qui s'accomplissent tantôt dans un milieu acide, tantôt dans un milieu alcalin.

Ce qui caractérise, d'une façon générale, cette classe de fermentations, c'est que, dans presque tous les cas, les ferments solubles peuvent être remplacés artificiellement par la chaleur et par des substances minérales; ainsi l'acide sulfurique etc. transforme l'amidon en glycose, et cette action de l'acide sulfurique sur l'amidon n'est pas mieux expliquée que celle de la diastase; par la cuisson prolongée, les substances albuminoïdes se transforment en corps identiques aux peptones. Il importe

trient bien dans une des fermentations les plus simples, mieux connues de cette classe, la fermentation alcoolique. La glycose, en présence de la levûre de bière, donne non seulement de l'acide carbonique et de l'alcool, mais de la glycérine, de l'acide succinique, de la matière grasse, de l'acide acétique, une matière azotée (J. Oser) et d'autres produits encore. Il s'agit donc là d'un phénomène très-complexe, et on peut jusqu'à un certain point, comme le fait Bechamp, comparer les produits de cette fermentation aux produits de désassimilation d'un organisme qui fabrique de l'urée, de l'acide oxalique, de l'acide carbonique, comme la levûre de bière fabrique de l'alcool, de l'acide succinique et de l'acide carbonique. « La levûre, « vivante, transforme d'abord, par le moyen de la zymase, « sécrète, le sucre de canne en glucose; c'est la digestion « absorbe ensuite ce glucose et s'en nourrit; elle « s'accroît, se multiplie et désassimile. Elle assimile, c'est-à-dire « qu'une portion de l'aliment (la matière fermentescible), « ou modifiée, fait momentanément ou définitivement partie « de son être et sert à son accroissement et à sa vie. Elle « désassimile, c'est-à-dire elle rejette au dehors les parties usées « de son être et de ses tissus sous la forme des composés non « azotés qui sont les produits de l'opération que l'on est convenu « d'appeler fermentation alcoolique. Enfin, elle engendre « de la chaleur. N'est-ce pas là le tableau complet de la vie « animale? » Bechamp.

La seule différence, c'est que l'oxygène de l'air n'est pas indispensable; mais cet oxygène, les ferments le prennent sur la matière fermentescible elle-même (Pasteur, Schützenberger) soit à l'eau décomposée (Bechamp), et qu'importe sa source. Dans certains cas cependant, l'oxygène empêche la fermentation; ainsi les fermentations butyrique et propionique ne se font qu'en l'absence de l'air, et Pasteur a montré que les vibrions tués par un courant d'oxygène d'une certaine durée; ces faits peuvent être interprétés à l'aide des expériences de Bert. Bert a vu en effet les processus de fermentation curayer dans l'air comprimé, et notablement ralentis dans de l'air à 50 centimètres de mercure ou dans l'oxygène pur.

Pour Pasteur, la fermentation est un acte purement vital; le ferment un être organisé qui vit aux dépens de la matière fermentescible; il suffit même, comme l'a fait Pasteur, d'ajouter

De ce qui précède, il semble qu'il y ait lieu d'admettre une opinion intermédiaire à celles de Pasteur et de Berthelot. Dans ce cas, les produits de la fermentation se diviseraient en deux groupes : les uns dériveraient de l'action des ferments sécrétés par le ferment figuré sur la matière fermentescible ; les autres, analogues aux produits de désassimilation des plantes et des animaux, seraient dus aux actes mêmes de nutrition du ferment figuré, assimilant et désassimilant comme tout organisme vivant.

Quant à la question de savoir si, comme le croit Pasteur, les ferments figurés proviennent de l'extérieur et sont apportés par l'air atmosphérique, c'est une question qui ne concerne pas le mécanisme même de la fermentation et qui rentre plutôt dans l'étude de la génération spontanée.

Quel rôle maintenant joue, dans la vie animale, cette classe de fermentations ? La première fait à constater, chez les organismes microscopiques, ferments figurés, champignons infusoires, se rencontrent en grand nombre dans le tube digestif et surtout dans la cavité buccale et le gros intestin. Aussi ces auteurs leur attribuent-ils une influence notable dans les phénomènes digestifs. Ainsi, d'après Bechamp, Ester et Saint-Paul, le ferment salivaire serait sécrété par les infusoires de la salive. Si on ajoute une trace de ces infusoires à la salive par exemple de chien qui ne saccharifie pas la fécule, elle acquiert immédiatement la propriété saccharifiante.

Du reste, ces auteurs ont donné une extension matérielle à cette théorie. Pour eux, la vie est une fermentation et l'organisme est une agglomération de ferments. En étudiant la crabe au microscope, Bechamp y trouva en grand nombre des particules vivantes d'un mouvement de trépidation. En observant ces particules, il les considéra comme des organismes vivants. Leur donna le nom de *microzymas*, *microzyma crabi*. Ces microzymas se retrouveraient, d'après lui, dans tous les éléments, dans tous les éléments anatomiques de la périphérie bryonnaire : les globules sanguins, les cellules, tous les éléments de l'organisme ne seraient primitivement que des agglomérations de microzymas, et ces microzymas, en se dissociant et en se libérant, produiraient la mort des cellules ; dans l'intestin en pleine digestion, il a retrouvé des microzymas, soit depuis le pylore jusqu'à la valvule iléo-cœcale, soit au

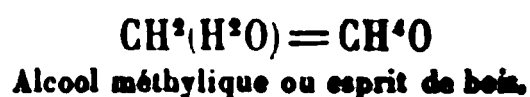
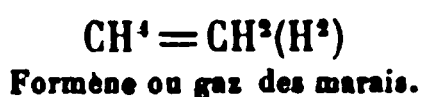
du carbone et de l'hydrogène. Ce sont les plus simples des composés organiques. Exemple : Gaz des marais, CH_4 .

2° Alcools. — Ils sont constitués par du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Ils sont obtenus par la réaction indirecte des éléments de l'eau sur les carbures précédents. Les alcools sont des corps neutres capables de s'unir directement avec les acides et de les neutraliser formant des éthers, avec séparation des éléments de l'eau.

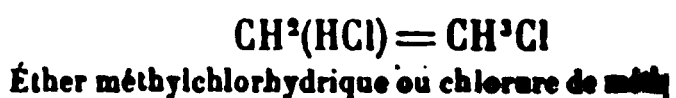
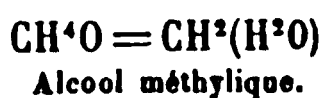
Les alcools se divisent en :

A. ALCOOLS D'OXYDATION ou alcools proprement dits. — Ex. : alcool ordinaire. Ils ont les caractères suivants :

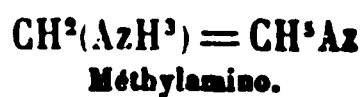
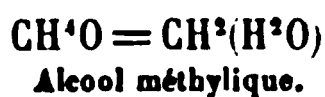
— Ils dérivent des carbures d'hydrogène par substitution des éléments de l'eau à un volume égal d'hydrogène. Ex. :



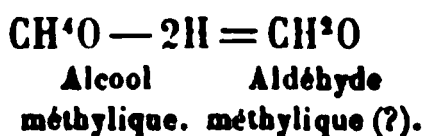
— Avec les acides, ils donnent des éthers par substitution des éléments de l'acide à ceux de l'eau. Ex. :



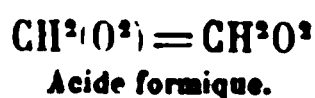
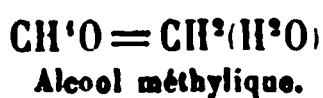
— Avec l'ammoniaque, ils donnent des alcalis, par substitution des éléments de l'ammoniaque à ceux de l'eau. Ex. :



— En perdant de l'hydrogène, ils donnent des aldéhydes. Ex. :



— En changeant de l'eau contre de l'oxygène, ils donnent des acides. Ex. :



Les alcools d'oxydation sont dits monoatomiques, diatomiques, tri-, tétr-, pent-, hexatomiques, suivant que les molécules d'hydrogène sont remplacées dans le carbure par 1, 2, 3, 4, 5, 6 molécules d'eau. Ex. :

Alcool monoatomique.	$\text{CH}^2(\text{H}^2\text{O})$	Alcool méthylique.
Alcool diatomique	$\text{C}^2\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^2$	Glycol.
Alcool triatomique.	$\text{C}^3\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^3$	Glycérine.
Alcool tétratomique.	$\text{C}^4\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^4$	Érythroglucose.
Alcool pentatomique	$\text{C}^5\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^5$	Quercite.
Alcool hexatomique.	$\text{C}^6\text{H}^2(\text{H}^2\text{O})^6$	Mannite; glycose.

Les aldéhydes se divisent en classes correspondantes aux diverses classes d'alcools. On aura donc les groupes suivants :

Aldéhydes proprement dits ou dérivés des alcools d'oxydation, ou aldéhyde ordinaire ;

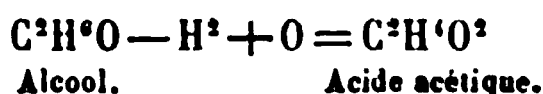
Aldéhydes des alcools d'hydratation ; ex. : acétone ;

Aldéhydes secondaires ; identiques en général aux précédents ;

Quinons ; aldéhydes dérivés de certains phénols polyatomiques ;

Aldéhydes à fonctions mixtes, dérivés des alcools polyatomiques.

4° Acides. — Les acides dérivent des alcools par élimination d'hydrogène et fixation d'oxygène. Ex. :



Les acides organiques s'unissent aux bases pour former des sels. Ils peuvent se diviser en deux grandes classes : acides à fonction simple et acides à fonction complexe.

A. ACIDES A FONCTION SIMPLE. — Ne jouent que le rôle d'acide. Ils se divisent, suivant la proportion d'oxygène qu'ils contiennent, proportion qui est toujours un multiple de 2, en acides monobasiques, bibasiques, etc.

a) *Acides monobasiques simples.* — Ils renferment 2 équivalents d'oxygène. A chaque alcool répond un acide.

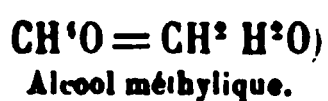
Première famille ...	Acides gras.....	$\text{C}^n\text{H}^{2n}\text{O}^2$
Deuxième famille ..	Homologues de l'acide oléique.	$\text{C}^n\text{H}^{2n-2}\text{O}^2$
Troisième famille		$\text{C}^n\text{H}^{2n-4}\text{O}^2$
Quatrième famille.....		$\text{C}^n\text{H}^{2n-6}\text{O}^2$
Cinquième famille. .	Acides aromatiques	$\text{C}^n\text{H}^{2n-8}\text{O}^2$
Sixième famille		$\text{C}^n\text{H}^{2n-10}\text{O}^2$

b) *Acides bibasiques simples.* — Ils renferment 4 équivalents d'oxygène. Ils correspondent aux alcools dialcooliques. Ils donnent comme dérivés : 1° deux séries de sels, des sels acides ou monobasiques, des sels neutres ou bibasiques ; 2° deux séries d'éthers, les uns acides monoalcooliques, les autres neutres et dialcooliques ; 3° deux séries d'amides, etc.

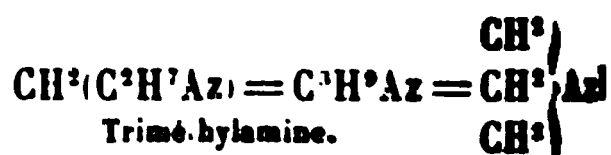
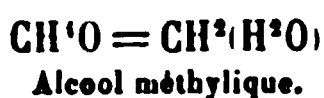
Première famille...	Série oxalique.....	$\text{C}^2\text{H}^2-2\text{O}^4$
Deuxième famille ..		$\text{C}^2\text{H}^2-4\text{O}^4$
Troisième famille...	Série aromatique...	$\text{C}^6\text{H}^4-2\text{O}^4$

c) *Acides tribasiques simples.* — Ils possèdent 6 équivalents d'oxygène et correspondent aux alcools triatomiques. Ils forment trois séries de sels (monobasiques, bibasiques, tribasiques), trois séries d'éthers, etc.

b) *Alcalis secondaires*. — Les éléments de l'eau dans l'alcool sont remplacés par un alcali primaire au lieu de l'être par l'ammoniaque. Ex.



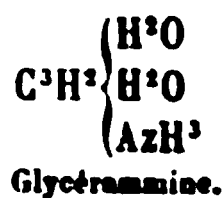
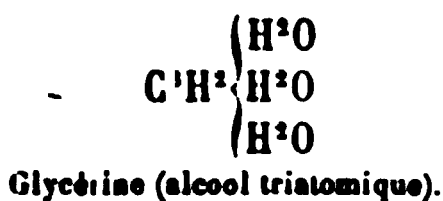
c) *Alcalis tertiaires*. — Les éléments de l'eau dans l'alcool sont remplacés par un alcali secondaire. Ex.:



d) *Alcalis de la 4^e espèce*. — Les éléments de l'eau sont remplacés par un alcali tertiaire, on obtient ainsi une base fixe oxygénée qui dérive pas de l'ammoniaque, mais de l'oxyde d'ammonium; c'est le tétraméthylammonium.

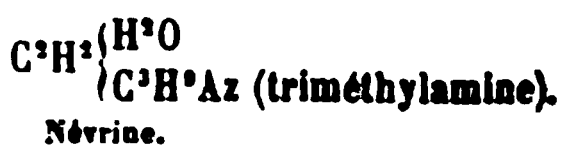
B. ALCALIS DÉRIVÉS DES ALCOOLS POLYATOMIQUES. — Les alcools polyatomiques peuvent s'unir soit à un seul équivalent d'ammoniaque (*alcalis monoammoniacaux*), soit à deux équivalents (*alcalis diammoniacaux*), etc., et chaque groupe d'alcalis comprend, comme précédemment, des alcalis primaires, secondaires, tertiaires, etc.

Exemple d'alcali monoammoniacal primaire :



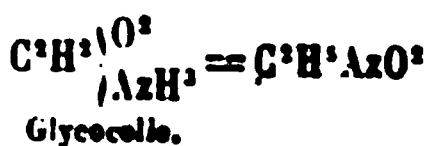
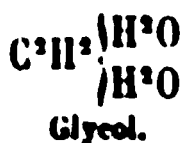
La glycérammine joue à la fois le rôle d'alcool diatomique et d'alcali; c'est un alcali-alcool.

Exemple d'alcali monoammoniacal de la 4^e espèce :

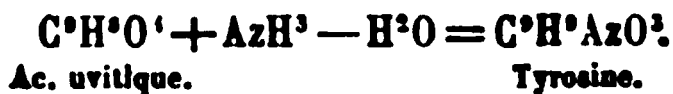


La névrine joue à la fois le rôle d'un alcool monoatomique et d'un alcali; c'est aussi un alcali-alcool.

D'autres alcalis jouent le rôle d'*acides-alcalis*. Ainsi la glycocolle dérive du glycol par deux substitutions, celle de O^2 à H^2O (réaction d'acide), et celle de AzH^3 à H^2O (réaction d'alcali). Ex.:



La tyrosine peut être considérée comme un amide d'un acide simple de la série aromatique, l'acide uvitique :



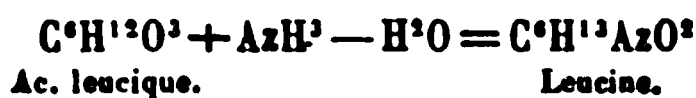
C. AMIDES DÉRIVÉS DES ACIDES TRIATOMIQUES. — Même construction.

D. AMIDES DÉRIVÉS DES ACIDES A FONCTION COMPLEXE. — Cette classe fournit des principes très-intéressants au point de vue physiologique.

Ainsi la glycocolle, que nous avons déjà vue jouer le rôle d'alcali, est l'amide de l'acide glycollique ou oxyacétique, dérivé du glucose.



De même la leucine est l'amide de l'acide leucique :



On peut, pour former un amide, remplacer l'ammoniaque par un alcali. On a ainsi les *alcalamides*. Ainsi l'acide glycocholique est formé par l'acide cholalique et la glycocolle (qui remplace l'ammoniaque) moins l'eau :



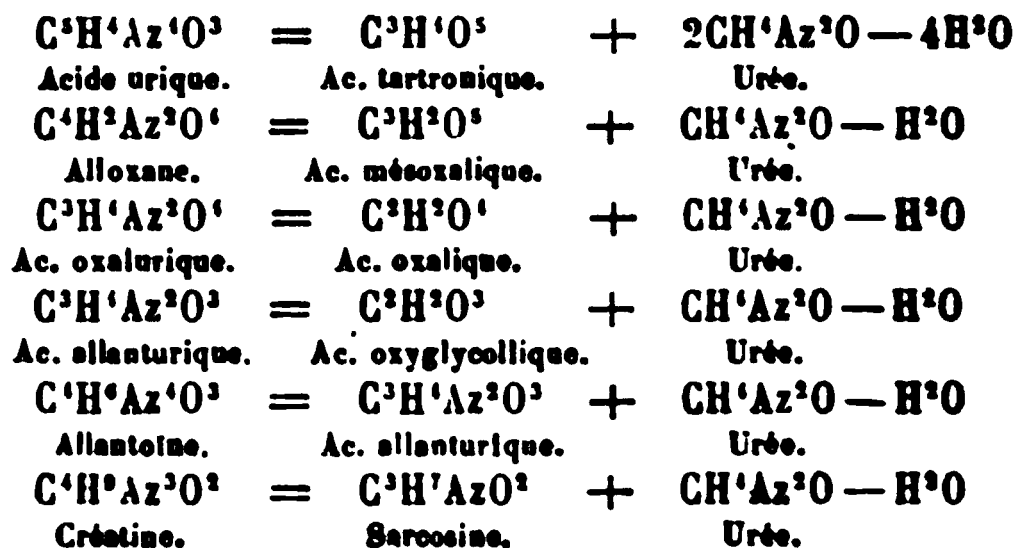
L'acide taurocholique est aussi un alcalamide :



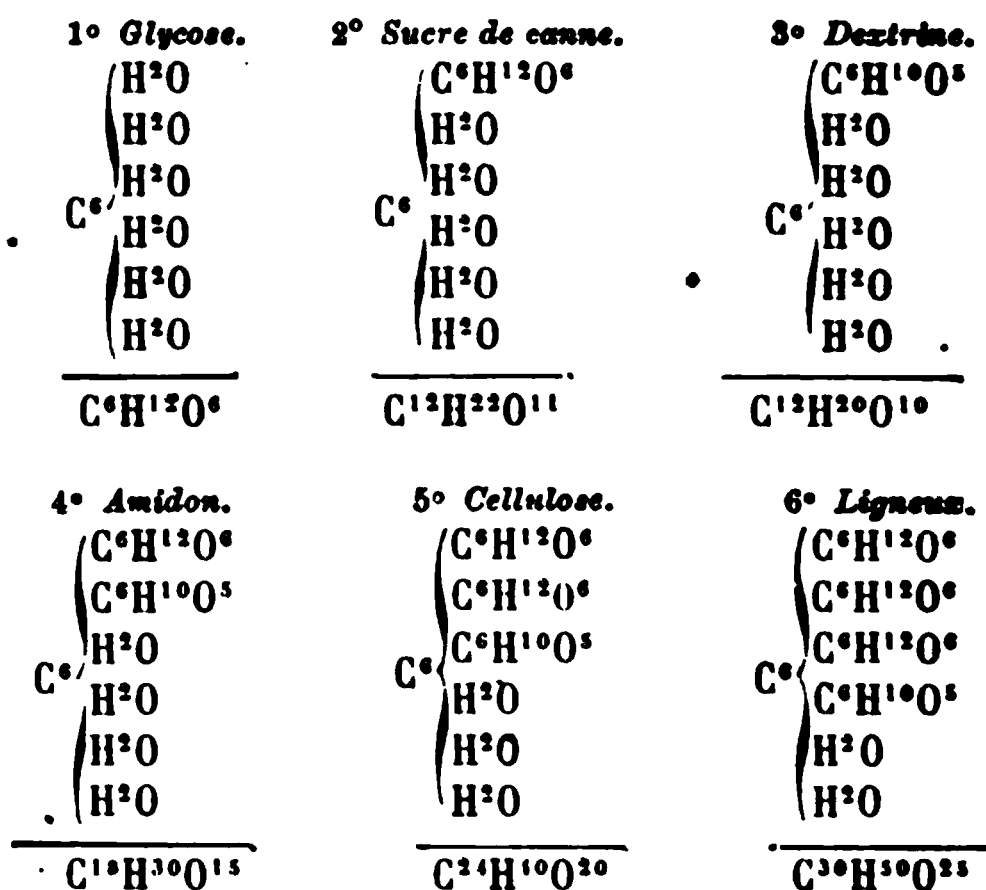
Il en est de même de l'acide hippurique :



Un groupe très-important d'alcalamides est constitué par les *urées* amides dans lesquels l'urée remplace l'ammoniaque; l'acide urique, l'alloxane, l'acide oxalurique, l'acide allanturique, l'allantoïne, la créatine rentrent dans ce groupe comme le montrent les formules suivantes :



peut être comprise la génération de ces diverses substances prenant la glycose comme point de départ :



On voit que ces substances jouent le rôle d'éthers mixtes la glycose d'un ordre de plus en plus élevé. Dans l'organisme animal, la formation de ces principes ne paraît pas dépasser l'amidon, au moins chez les animaux supérieurs, car chez les animaux inférieurs on rencontre une matière analogue à la cellulose, la tunicine.

Les produits de décomposition de la glycose consistent en acide saccharique, acétique, formique, butyrique, lactique, oxalique, alcool, oxyde de carbone, produits pyrogénés, etc.; les produits terminaux sont l'acide carbonique et l'eau.

3° *Substances albuminoïdes.* — La constitution des substances albuminoïdes est encore plus complexe et difficile à interpréter. Cependant leurs dédoublements et leurs produits de décomposition peuvent donner quelques indications sur leur nature intime.

Ces produits des albuminoïdes peuvent se diviser en deux groupes : les uns sont azotés, comme la leucine, la tyrosine, et représentent en général des amides des acides gras et des acides aromatiques; les autres, dépourvus d'azote, sont,

TROISIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DE L'INDIVIDU

PREMIÈRE SECTION

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

CHAPITRE PREMIER

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE

La forme que présentent à leur origine tous les organismes la forme cellulaire, et la même chose peut se dire de leurs éléments. Tout organisme, tout élément anatomique est une cellule ou dérive d'une cellule.

L'idée que se faisaient primitivement les auteurs de la théorie cellulaire, Schleiden et Schwann, de la constitution de la cellule s'est aujourd'hui profondément modifiée. La *cellule* ($\kappa\omicron\iota\lambda\omicron\varsigma$, creux) était pour eux une petite vésicule microscopique composée d'une membrane d'enveloppe et d'un contenu semi-liquide, dans lequel se trouvait un globule, le noyau, pourvu lui-même d'une granulation, le nucléole (fig. 31). Une observation plus précise montra bientôt que la membrane d'enveloppe manquait souvent et que la cellule se composait, dans beaucoup de cas, d'une petite masse demi-solide avec un noyau (Schultze); il n'y avait donc plus là de



Fig. 31. —
Idem.

Fig. 31. — Cellules nerveuses du cerveau d'un embryon de *Triton marmoratus* (Ch.)

diverses phases de leur existence. Mais quelles que soit la forme ultérieure et les modifications qu'elle subit plus tard, n'en est pas moins vrai qu'à son origine elle présente des caractères particuliers communs à tous les êtres, végétaux et animaux, et constitue une espèce de gangue où la vie va puiser les matériaux de son évolution future. Cette substance primordiale, le protoplasma, c'est la substance vivante par excellence (1).

Pour étudier ce protoplasma, il ne faut pas s'adresser aux organismes supérieurs ni aux éléments spécialisés de ces organismes; il faut s'adresser, au contraire, aux organismes inférieurs ou aux éléments naissants des êtres plus perfectionnés; c'est là qu'on peut l'étudier avec le plus de facilité.

Le protoplasma se présente sous deux aspects : tantôt libre, tantôt il est contenu dans l'intérieur d'une cellule.

1° Protoplasma libre. — Pour en donner une idée, il suffira de prendre un exemple dans chacun des deux règnes, animal et végétal.

A. MYXOMYCÈTES. — Les myxomycètes sont des champignons qu'on rencontre sur les feuilles ou les bois pourris, sur lesquels ils *fleurissent*. Dans une phase de leur développement (de leurs spores donnent naissance, après plusieurs transformations (2), à des masses protoplasmiques analogues à des amibes (voir plus loin) qui finissent par se réunir pour constituer des masses volumineuses de protoplasma, appelées *plasmodies* (page 207). Ces plasmodies sont formées par une substance gélatineuse à bords hyalins, et présentent des mouvements de deux espèces : 1° un mouvement de courant qui se fait avec une vitesse variable et dans différentes directions, et qui est

(1) Malgré les objections de Ch. Robin, dont je ne méconnais la valeur, j'ai cru devoir conserver le nom de protoplasma, employé généralement aujourd'hui. (Voir : Ch. Robin, *Anat. et Physiol. cellulaires*, 1895.)

(2) Voici, d'après de Bary, la série des transformations. Les spores sont contenues dans des réceptacles ou *sporangies*. A l'époque de la maturité, les sporanges s'ouvrent et laissent échapper les spores. La spore est constituée par une membrane vésiculaire et un contenu protoplasmique. Au bout d'un temps variable, la spore se gonfle, sa membrane se déchire et la masse de protoplasma qu'elle contenait sort en se défilant par un bout, et se transforme en une sorte de corpuscule amœboïde (*Schwärmer*). Ces spores ciliées en se soudant, après avoir perdu les cils, constituent la *plasmodie*, qui, à son tour, donne naissance aux spores et aux sporanges.

ce qu'elle produit sur la substance musculaire, et une expérience de Kühne prouve l'analogie des deux éléments; il qua une fibre musculaire artificielle en introduisant du plasma de myxomycètes dans un intestin d'hydropside faire raccourcir deux ou trois fois par l'électricité cette fibre fossale. L'oxygène est nécessaire à la production du mouvement du protoplasma; l'acide carbonique l'anéantit; il en est de même des vapeurs d'éther, du chloroforme, de la veratrine, etc.

B. AMIBES. — Les amibes sont de petits organismes unicellulaires qu'on rencontre dans les eaux stagnantes. Elles se composent d'une masse de substance homogène avec quelques granulations (fig. 34), et présentent des changements



V. VERMORSEN SC.

Fig. 34. 1. Amibe.

forme très-remarquables. Sur un point de leur surface se forme une sorte de boursoffure transparente qui s'étend peu à peu et on voit le petit être non-seulement changer de forme, progresser lentement comme par un mouvement de reptation rudimentaire ou plutôt de glissement.

Quand on examine une amibe dans une infusion, il est intéressant de constater comment elle se comporte avec les corpuscules qui l'entourent et comment elle se nourrit. Quand elle rencontre un corps étranger qui peut servir à sa nutrition, par exemple un granule végétal, on voit les prolongements de sa surface s'étendre peu à peu autour du grain et finir, en se soudant, à l'entourer complètement de façon qu'il se trouve engagé tout entier dans la masse même de l'amibe. Puis un temps se passe pendant lequel la digestion du corps étranger se produit.

Fig. 35. — *Amoeba effusa* (Lb. Robin).

par lequel le microscope ne nous révèle rien, et alors du corps étranger, sa partie inutile et non assimilable du corps de l'amibe par un processus inverse de d'introduction. Cienkowski a vu ainsi des amibes digérer des grains d'amidon (*monas amyli*). Ces tentent, du reste, vis-à-vis des agents extérieurs, à peu des réactions que le protoplasma des myxomycètes. Invert dans les organismes supérieurs, des éléments homologues aux amibes et sur les mêmes mou- s amœboïdes, ont été const sont les globules etc, certains globules comm etc.

Protoplasma intra-cellulaire. — A. PROTOPLASMA DES VÉGÉTALES. — Certaines se d'autres à l'étude du pro ma; et en première la staminifères de l'éphém Virginie, plante de irminées. Ces poils s rmés par de grandes ngées remplies d'un liquide violet, au milieu duquel protoplasma incolore. Une partie de ce protoplasma cumulée autour du noyau; l'autre est étalée à la sur- de la membrane de cellule, et de l'une à l'autre vont souvent anastomosées entre elles, et qui constituent sorte de réseau protoplasmique intra-cellulaire; dans • produisent des courants dont la direction change et varier d'aspect et de forme. Là encore, l'action des ieurs se rapproche beaucoup de ce qui se passe pour icètes.

vements du protoplasma dans l'intérieur des cellules nt été observés depuis longtemps dans les *Chara* n les retrouve dans beaucoup d'autres plantes, *Urtica isneria spiralis*, etc., et on peut supposer que là où on re les constater, cela tient uniquement aux conditions ation et à la lenteur du mouvement.

PROPLASMA DES CELLULES ANIMALES. — L'existence et les ts du protoplasma ont été aussi constatés dans beau- ilules animales, cellules cartilagineuses, cellules pig- ovule, infusoires unicellulaires, etc.

ces faits, qu'on pourrait multiplier encore, on est en onclure que le protoplasma, qu'il se présente dans les égétales ou animales, à l'état libre ou à l'état intra-

cellulaire, possède des caractères sinon identiques, très-semblables et qui ne diffèrent pas essentiellement.

Caractères généraux du protoplasma. — Le protoplasma est une substance d'une consistance semi-liquide qui varie, du reste, depuis l'état presque fluide jusqu'à l'état solide. Il se compose de deux parties : d'une substance fondamentale d'aspect homogène, plus ou moins réfringente, et de granulations d'apparence et de grosseur variables. La substance fondamentale est azotée et contient une grande quantité d'eau (p. 100 environ) ; les granulations sont de diverse nature : amylacées, protéiques, etc. Le protoplasma est perméable à l'eau dans de certaines limites, et en s'imbibant il se peut considérer chaque molécule solide de protoplasma entourée par une couche d'eau qui peut augmenter ou diminuer d'épaisseur, suivant la capacité hygrométrique du protoplasma. Cette perméabilité est plus faible pour les substances, gazeuses ou autres, dissoutes dans l'eau que pour l'eau elle-même. On a vu plus haut que le protoplasma des cellules végétales colore reste incolore.

Les mutations matérielles du protoplasma paraissent actives et jouent un rôle très-important dans la vie du protoplasma ; il assimile et il désassimile ; il fixe des matériaux de nutrition, et il excrète des déchets ; il absorbe de l'oxygène et de l'acide carbonique. Ces mutations et ces oxydations sont liées d'ailleurs à ses mouvements.

Le dégagement de forces vives dans l'intérieur du protoplasma se fait principalement sous forme de mouvement. Le mouvement est le phénomène le plus essentiel et le plus remarquable de la vie du protoplasma. On a vu plus haut que ce mouvement se présente sous deux aspects principaux : 1° une sorte de liquéfaction, ou mouvement de courant ; dans ce cas la partie extérieure du protoplasma paraît quelquefois immobile et constitue une coque transparente dans l'axe duquel coulent les granulations (page 207) ; cette apparence a fait croire à tort à quelques auteurs que le protoplasma était constitué par une masse liquide et une couche corticale solide ; 2° un changement de forme, et consécutivement, dans certains cas, un mouvement de progression. La nature et les causes de ces mouvements sont encore peu connues ; ce qui semble certain, c'est que la

1° *Membrane de cellule.* — Dans les globules dépouillés de leur membrane d'enveloppe, la périphérie du protoplasma reçoit cependant une couche corticale plus dense et plus résistante que le reste. C'est pour ainsi dire le premier pas vers la formation d'une membrane de cellule, et entre les deux extrêmes on trouve tous les degrés de transition.

Complètement développée, la membrane cellulaire forme une véritable vésicule à parois minces, qui enferme la masse cellulaire. Cette membrane est homogène, amorphe, transparente, moins dans son jeune âge, et offre, suivant son épaisseur, soit un simple ou un double contour à l'examen microscopique (Fig. 35). Sa consistance est très-variable, depuis une mollesse semi-liquide jusqu'à une dureté ligneuse. Elle présente souvent une certaine élasticité et se moule sur le contenu cellulaire en changeant de forme avec lui; d'autres fois, elle a, au contraire, une rigidité qui assure la constance de sa forme.

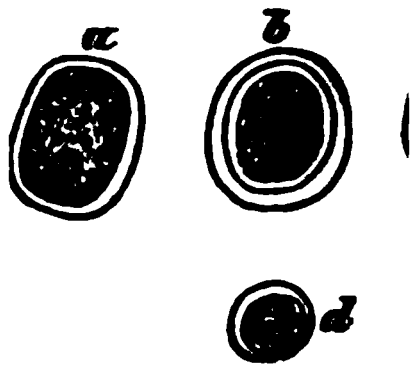


Fig. 35. — Cellules de cor

Elle est perméable, mais seulement pour les liquides qui peuvent l'imbiber; ainsi elle se laisse traverser par l'eau et les solutions aqueuses (acides, bases, acides et basiques), mais elle ne laissera pas passer les huiles et les graisses liquides.

La constitution chimique n'est pas la même dans les différents règnes. La membrane de cellule végétale est formée au premier abord de la cellulose; ce n'est que plus tard qu'une membrane secondaire, de nature azotée, vient s'ajouter à la première membrane de cellule animale, sauf peut-être dans quelques organismes inférieurs, est toujours azotée.

L'activité vitale de la membrane de cellule est très-limitee. Elle ne contribue guère à la vie de la cellule que par ses propriétés physiques et par son intervention dans les phénomènes d'osmose. Pour tout le reste, elle ne joue qu'un rôle secondaire; elle ne paraît être le siège d'aucun dégagement de forces et, dans les mouvements de la cellule, ne fait que suivre passivement les mouvements du protoplasma.

La membrane de cellule est un produit du protoplasma; il n'y a aucun doute là-dessus. Mais est-ce une transformation purement simple de la couche corticale du protoplasma ou une sé-

2° *Contenu cellulaire.* — L'étude de la partie essentielle du contenu cellulaire a déjà été faite à propos du protoplasma. Mais, outre ce protoplasma, la cellule renferme du liquide *intra-cellulaire*, et des matériaux variables suivant la nature des cellules.

Le suc intra-cellulaire, qu'il ne faut pas confondre avec l'imbibition du protoplasma, est tantôt à peine visible, tantôt abondant qu'il remplit presque en entier la cavité de la cellule. Il est surtout visible dans certaines cellules végétales, dans lesquelles il est coloré et tranche ainsi sur le reste du contenu cellulaire. Sa composition chimique est peu connue. C'est être le véhicule des substances solubles qui servent de matériaux à la cellule et l'intermédiaire obligé entre le protoplasma et l'extérieur.

3° *Noyau.* — Le noyau est un corpuscule sphérique ordinairement dans la partie centrale, plus rarement dans la partie périphérique de la cellule, une même cellule peut en contenir plusieurs noyaux. Le noyau forme tantôt un globule dense, tantôt une vésicule remplie de liquide. Dans son intérieur on trouve une ou plusieurs granulations, ou *nucéoles*. Auerbach, ces nucléoles seraient de petites masses de protoplasma douées de mouvements amiboïdes, au moins dans les premières phases de leur développement. Chimiquement, le noyau est différent du protoplasma.

La signification et le mode d'activité vitale du noyau ne sont pas encore bien connus; il paraît surtout être en rapport avec la formation des cellules: dans les cellules végétales, la formation du noyau précède toujours la formation cellulaire. Il représente un centre de condensation du protoplasma, les parties les plus riches en azote paraissent se porter vers le centre du globule, tandis que les parties moins azotées se portent à la périphérie du noyau. Il semble donc y avoir une sorte d'antagonisme, de polarité opposée entre le noyau et la membrane.

4° *De la cellule considérée dans son ensemble.* — L'importance de ces éléments cellulaires varie dans des limites assez grandes. Le plus volumineux, l'ovule, est visible à l'œil nu; les plus petits nécessitent de forts grossissements pour être vus; tels sont les globules sanguins. Leur forme typique est la forme sphérique, mais il est rare que cette forme se conserve dans son intégrité, elle passe facilement à la forme oblongue.

tension cellulaire hydrostatique, qui joue un si grand rôle dans la plupart des phénomènes de la vie végétale, a été jusqu'à peu étudiée dans la vie animale où elle paraît pourtant avoir aussi une très-grande importance; elle ne doit pas être confondue avec la tension qui résulte de l'accroissement et qui est plus considérable dans les parties qui s'accroissent le plus.

Nutrition cellulaire. — Les mutations matérielles de la cellule consistent en deux ordres de phénomènes, assimilation et désassimilation.

Par l'assimilation, la cellule prend dans le milieu qui l'entoure les matériaux nécessaires qu'elle convertit en sa propre substance ou qu'elle doit utiliser pour les phénomènes de son activité vitale. Cette assimilation comprend deux phases bien distinctes et qu'il importe de ne pas confondre : 1° une phase dans laquelle la cellule transforme, de manière à les rendre utilisables, les substances qu'elle prend au milieu qui l'entoure ; 2° une phase dans laquelle ces substances transformées deviennent partie intégrante de la cellule : formation de la matière organique, formation de la substance organisée vivante. La première phase de l'assimilation, celle de formation de la matière organique, très-développée dans la cellule végétale, est au contraire rudimentaire dans la cellule animale qui se trouve en présence de matières organiques déjà formées dans la plante. La seconde phase, celle d'intégration ou de vivification, existe à la fois dans la cellule végétale et dans la cellule animale mais elle est beaucoup plus importante chez cette dernière, chez laquelle l'usure incessante exige une réparation incessante de la substance vivante.

La désassimilation consiste en une oxydation soit de la substance même de la cellule, soit des matériaux en contact avec elle, mais non employés à sa réparation, et cette oxydation, liée à un dégagement de forces vives, prédomine dans la cellule animale.

A côté de ces deux grands actes de la nutrition cellulaire se placent des phénomènes accessoires. Les cellules semblent choisir, dans le milieu qui les entoure, certaines substances de préférence à d'autres et ne laissent pénétrer que celles-là dans leur intérieur : c'est ce qu'on a appelé *affinité élective* de la cellule. Les cellules éliminent les produits de l'usure de la

est toujours provoquée, jamais spontanée. Pas de contraction, pas de sécrétion, pas d'action nerveuse sans irritation préalable, que cette irritation soit produite par une cause extérieure ou par une cause interne (afflux sanguin, substances absorbées, etc.). Cette loi, qui se vérifie tous les jours expérimentalement, n'est du reste qu'un corollaire de la loi de la persistance du mouvement. Il n'y a donc pas de *spontanéité vitale*, au sens propre du mot, et cette expression, qui a cours encore dans le langage médical, n'a plus de raison d'être aujourd'hui que dans les écoles vitalistes.

Il résulte de cette activité vitale spéciale aux éléments anatomiques, que les cellules ont une certaine indépendance dans l'organisme, et que c'est la réunion de ces existences partielles qui constitue la vie du tout (*). Chaque cellule commande pour ainsi dire à un *territoire cellulaire* dont elle est le centre d'action.

Les phénomènes de mouvement des cellules ont leur cause dans les mouvements mêmes du protoplasma qui ont été étudiés plus haut. Mais la présence et les propriétés de la membrane de cellule, quand elle existe, impriment un caractère particulier à ces mouvements. Quand la cellule est entourée par une membrane dure, résistante, le protoplasma se meut dans son intérieur sans pouvoir en modifier la forme; quand, au contraire, la membrane est mince, molle, élastique, ou quand elle est absente, les mouvements du protoplasma peuvent amener des changements de forme et même des mouvements de locomotion de la cellule. On peut donc distinguer deux espèces de mouvements :

1° Des mouvements intra-cellulaires; ils sont plus fréquents dans les cellules végétales, tels sont ceux du protoplasma des cellules des poils staménifères de l'éphémère de Virginie.

2° Des mouvements cellulaires proprement dits. On peut en reconnaître quatre espèces :

— Les mouvements amœboïdes, comme ceux des globules blancs du sang,

— Les mouvements contractiles, où toute la masse participe au mouvement, comme dans la fibre musculaire,

* Cette théorie de l'indépendance cellulaire a été connue pour la première fois par J. Goodsir, puis défendue avec talent par Virchow, qui l'est annexée — *more germanico* — et qui lui a joué un grand rôle en pathologie. (Voir, sur ce sujet, C. Robin, *Anat. et Phys. cellulaires* p. 13 et suivantes.)

mouvements vibratiles, dans lesquels une partie locale de la cellule prend part au mouvement; tels sont les mouvements cils vibratiles de certaines cellules épithéliales;

mouvements de locomotion, dans lesquels la cellule se meut en totalité : globules migrateurs connectifs; spermato-

zoaires. Un développement de chaleur doit exister dans les cellules où s'y passe des phénomènes d'oxydation, mais on n'a sur ce point aucune donnée précise. Il en est de même de la productivité.

Origine cellulaire. — Chaque cellule a, comme l'organisme qu'elle fait partie et dont elle est une sorte de miniature, une destinée déterminée depuis son origine jusqu'à sa fin.

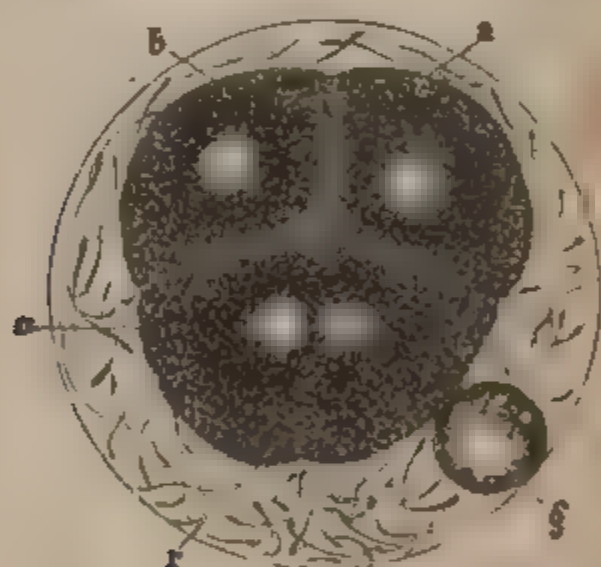
Longtemps on admettait, et certains auteurs (Ch. Robin, par exemple) admettent encore que des cellules peuvent naître dans le sang (cytoblastème de Schwann, blastème de Robin) des divers éléments cellulaires; c'était la *formation libre des cellules*. À peu près cependant des observations plus précises montrèrent que ce mode de formation cellulaire était beaucoup plus rare qu'on ne l'avait cru, et bientôt il fut même complètement abandonné par les histologistes, surtout en Allemagne, où Virchow, par la formule de Harvey : *Omne vivum ex ovo*, en fit la loi célèbre : *Omnis cellula à cellula*. Sans nier absolument la formation libre [voir les Expériences d'Ommius sur la genèse des érythrocytes (*Journal d'anatomie*, 1867), et celles de Monteggia (*ibidem*, 1868)], on peut affirmer aujourd'hui que la formation par *multiplication cellulaire* est de beaucoup la plus importante.

Il y a pourtant faudrait-il admettre, et des faits récemment publiés tendraient à le prouver, un autre mode de génération cellulaire intermédiaire entre la formation libre et la multiplication cellulaire et auquel on pourrait donner le nom de *génération mixte* des cellules. Dans ce mode de génération, une masse de protoplasma granuleux, amorphe, sans structure appréciable se segmente insensiblement en parcelles correspondantes qui deviennent des cellules naissantes, dont les contours apparaissent peu à peu dans la masse plastique homogène. C'est surtout sur de jeunes embryons qu'on peut observer le mieux ce mode de naissance des cellules; ainsi, sur des embryons de brochet on voit des fibres

musculaires, des cellules nerveuses, des cellules épithéliales paraissent dans une substance finement granulée et primitivement amorphe. Il est vrai que cette masse de protoplasma provient en réalité des cellules embryonnaires (voir : *Développement*) ; on pourrait encore, quoique indirectement, rattacher ce mode de formation protoplasmique à la multiplication cellulaire, dans laquelle le protoplasma représenterait une sorte de stade intermédiaire entre deux générations cellulaires, comme la plasmodie des myxomycètes représente une phase d'évolution intermédiaire entre les dérivés amœboïdes des spores ciliées et les réceptacles des spores.

Les cellules animales des organismes supérieurs possèdent trois modes de multiplication cellulaire : la génération endogène, la génération par scission et la génération par bourgeonnement.

La *génération endogène* (fig. 37) ne se présente que chez les



CR

Fig. 37. — Génération endogène.

cellules pourvues d'une membrane d'enveloppe. Le noyau et le protoplasma se divisent en deux masses distinctes qui se comportent chacune ensuite comme une cellule, tout en restant retenues dans la membrane de la cellule mère. Cette segmentation

Fig. 37. — Œuf de *Siphon* pendant la segmentation. a, b, globules résultant de la division d'une moitié du noyau. c, segmentation commençante de la deuxième moitié. g, globule polar. De nombreux spermatozoïdes sont interposés entre le vitellus et le plasma vitellin (Ch. Robin).

la façon suivante : le noyau s'étrangle circulairement un peu à peu en deux parties ; le protoplasma suit cette division et il en résulte 2, puis 4, puis 8, etc., cellules, suivant le processus de segmentation continue plus ou moins long-est ainsi que se fait la segmentation de l'ovule. Quel-est le processus de segmentation ne s'accomplit pas d'une-est parfaite ; ainsi le noyau seul peut y prendre part, et-est cellules à noyaux multiples ; d'autres fois, une partie-est du protoplasma prend part à la division, l'autre-est restant indivise : telle est la-est division partielle de-est division comme chez les oiseaux. Dans la multiplication cellu-est division endogène, la membrane de la-est division cellule doit s'accroître-est division pour pouvoir contenir les génération-est division successives qui se produi-est division sent à l'intérieur ; mais il arriv-est division nement s'arrête et où, la m-est division embre endogène con-est division tinue, laissant échap-est division tant en liberté les cellules nouvelles.

La *génération par scission ou fissiparité*, le processus-est division le plus commun ; c'est une segmentation qui débute par le noyau, se continue de façon à intéresser toute la cellule, mem-est division bre et enveloppe comprise ; il en résulte que, dans ce cas, les-est division nouvelles cellules provenant de la scission de la cellule-est division mère deviennent immédiatement libres et indépendantes, est division la cellule mère disparaît en donnant naissance à deux cellules-est division Le mode de multiplication cellulaire est le plus commun-est division est le plus commun.

La *génération par bourgeonnement ou gemmiparité* (page 222), il se fait sur un des points de la cellule ge-est division mme une saillie en forme de bourgeon qui s'accroît peu à-est division peu pendant toujours à l'organisme générateur par un pedi-est division cule qui devient de plus en plus étroit et finit enfin par se-est division La cellule nouvelle se détache alors de la cellule mère-est division et commence une existence indépendante. Cette génération par-est division bourgeonnement, dont on trouve un exemple dans la levûre de-est division est très-répondue dans les organismes inférieurs, mais-est division est moins chez l'homme, où on la rencontre cependant-est division dans quelques cas (cellules de la rate).

Les diverses formes de multiplication cellulaire paraissent-est division être liées aux mouvements du protoplasma. Ainsi la-est division division dans l'ovule est précédée d'un mouvement de

rotation du vitellus et s'accompagne de phénomènes de traction.

Une fois nées, les cellules éprouvent des changements



CLER

Fig. 33. — Génération par bourgeonnement.

forme, de véritables métamorphoses. Ces métamorphoses se font de deux façons différentes : 1° la cellule conserve le type cellulaire, tout en changeant de forme, 2° elle perd son caractère

Fig. 38. — Formation du premier globule polaire de l'œuf de la Lemnace (Ch. Robin).

physiologie se confond avec celle des tissus auxquels ils se rattachent.

L'exposé des différentes théories émises sur l'origine, la constitution et la signification de la cellule, et ce qu'on appelle en un mot *théorie cellulaire*, ne rentre pas dans le cadre de cet ouvrage.

Bibliographie. — SCHLEIDEN : *Beiträge zur Phylogenesis* (Archiv. für Anat., 1838). — SCHWANN : *Mikr. Untersuchungen*, etc., 1838. — M. SCHULTZ : *Das Protoplasma*, 1863. — W. KUHN : *Untersuch. über das Protoplasma*, 1864. — W. HOFMEISTER : *Die Lehre von der Pflanzenzelle*, 1867. — Ch. ROBIN : *Anatomie et Physiologie cellulaires*, 1873. — R. VIRCHOW : *la Pathologie cellulaire*; trad. par P. PICARD; rev. par STRAUS, 1874. — Consulter en outre les *Traité d'Histologie*.

CHAPITRE DEUXIÈME.

PHYSIOLOGIE DES TISSUS OU HISTOPHYSIOLOGIE.

Au point de vue physiologique comme au point de vue anatomique, les éléments et les tissus peuvent être divisés en deux grandes classes : les éléments (et les tissus) superficiels ou épithéliaux et les éléments (et les tissus) profonds qui comprennent tous les autres. La différence des rapports des deux classes avec le milieu extérieur a pour conséquence une différence essentielle dans leur mode de nutrition. Situés dans l'intimité de l'organisme et n'ayant avec le milieu extérieur que des rapports indirects par l'intermédiaire du sang et des tissus épithéliaux superficiels, les tissus profonds ne peuvent éliminer leurs déchets et les produits de leur usure que sous une forme qui leur permette de traverser les membranes des vaisseaux et les membranes épithéliales : liquides ou particules d'une ténuité extrême ; leur destruction est donc partielle, *moléculaire*, et il en est de même de leur renouvellement ; les matériaux constituant d'une fibre musculaire, par exemple, sont incessamment usés et éliminés au dehors et remplacés par des matériaux nouveaux sans que la fibre musculaire elle-même paraisse éprouver de changements appréciables ; la substance change, la forme reste. Pour les éléments épithéliaux, il n'en est plus de même ; placés à la limite de l'organisme, ils n'ont plus besoin de verser dans un milieu intermédiaire, le sang, leurs produits de déchet ; ils les éliminent directement sans être obligés de leur faire subir une liquéfaction.

le; ils tombent et s'éliminent *in toto* (mue ou desquam-épithéliale) et leur renouvellement est total aussi; les cellules récemment formées remplacent et poussent devant les cellules anciennes qui tombent entraînées mécaniquement hors de l'organisme.

1° PHYSIOLOGIE DES TISSUS CONNECTIFS.

Que soit, au point de vue histologique, l'idée qu'on se fait de différents groupes de tissus connectifs, au point de vue physiologique, leurs analogies sont contestables et leur parenté est méconnue. Ils constituent la trame et la charpente du organisme dans laquelle sont plongés les tissus profonds et recouvrent les tissus épithéliaux, et sous ce rapport le nom de *substance de soutien*, qui leur a été donné par quelques auteurs, se trouve parfaitement justifié. Il me semble, en s'appuyant sur les données de l'histologie et de la physiologie comparée, que la disposition générale des tissus connectifs de l'organisme peut être envisagée de la façon suivante. Cette masse connective est creusée de deux sortes de cavités: les unes logent les éléments profonds, fibres musculaires, cellules nerveuses, etc., la trame connective des organes et des tissus; les autres ne contiennent que des lacunes dans lesquelles circulent les sucres, sels et leurs dérivés; parmi ces lacunes, les unes constituent un système perfectionné de canaux dans lesquels le sang circule, c'est le système vasculaire; un second ordre de cavités, moins bien délimité, mais formant encore un tout continu, est constitué par les vaisseaux lymphatiques; enfin, une troisième et vaste système de lacunes, beaucoup plus irrégulier, constitue cette masse connective dans tous les sens et contient de la matière provenant soit des vaisseaux, soit des tissus; ces dernières lacunes, lacunes connectives proprement dites, se continuent avec les radicules lymphatiques et, par leur intermédiaire, avec l'appareil sanguin; elles constituent en réalité de simples dilatactions de la substance connective et peuvent présenter toutes les dimensions, depuis les cavités séreuses qui n'en sont que des prolongements colossaux jusqu'aux canalicules imperceptibles que contiennent les tendons. Toutes ces lacunes, sanguines, lymphatiques, connectives, offrent, dans leur intérieur, un élément ana-

tomique caractéristique, le globule blanc ou leucocyte étudié à propos du sang et de la lymphe, globule blanc, rôle formateur est considérable, comme on l'a vu pour les globules rouges, et, d'après certains auteurs, A. Visconti entre autres, s'étendrait à tous les éléments et à tous les tissus. Un caractère de ces lacunes, c'est que, dès qu'elles prennent une certaine importance et qu'elles se perfectionnent en se développant, elles se tapissent de lamelles aplaties analogues aux cellules épithéliales; c'est là ce qui constitue l'*endothelium*, rangé à côté des épithéliums, mais qui, en réalité, appartient au tissu connectif. Le revêtement dit épithélial des séreuses, des vaisseaux, les cellules de Ranvier des tendons, etc., appartiennent à l'*endothelium*. Les *endothéliums* se distinguent des épithéliums parce qu'ils sont ordinairement simples (sauf les épithéliums synoviales), qu'ils ne présentent jamais de glandes, parce qu'ils proviennent tous du feuillet moyen du blastème, tandis que les épithéliums proviennent des deux autres feuillets.

Outre les globules blancs qui en constituent l'élément caractéristique, les tissus connectifs contiennent d'autres éléments cellulaires spéciaux à tel ou tel groupe de ces tissus, telles les cellules plasmiques et pigmentaires, les cellules adipeuses, les cellules cartilagineuses, les cellules osseuses, mais je ne puis leur donner leur description aux traités d'histologie.

Excepté pendant la période de développement embryonnaire (fig. 39, page 227), les tissus connectifs ne sont jamais composés par une agglomération pure et simple de cellules. Il s'y trouve toujours, entre les éléments cellulaires, une certaine quantité de substance fondamentale, amorphe ou fibrillaire, variable dans chaque groupe de tissu connectif. Sans entrer ici dans les détails histologiques qui sont décrits dans les ouvrages de spécialité, je me contenterai de donner le tableau résumé de ces formes :

1° Tissus connectifs proprement dits :

a) Tissu muqueux, ex. : corps vitre.

b) Tissu réticulé; ex. : réticulum des ganglions lymphatiques.

c) Tissu fibreux, ex. : tendons, aponeuroses, tissu conjonctif.

d) Tissu adipeux; ex. : graisse.

2° Tissu élastique.

3° Tissu cartilagineux :

a) Cartilage hyalin.

- b) Fibro-cartilage.
- c) Cartilage réticulé.

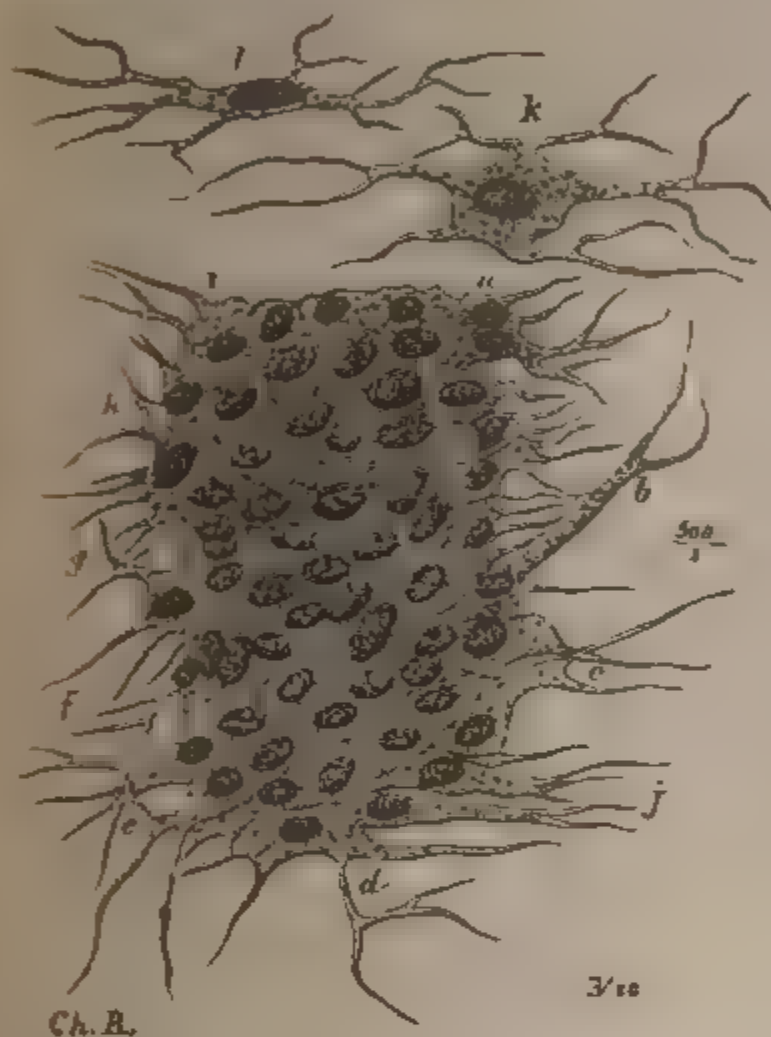


Fig. 27. Tissue élastique embryonnaire. (Ch. Robin.) (Voir page 226.)

4^e Tissue osseux :

- a) Os.
- b) Ivoire ou dentine.

A. — PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DES TISSUS CONNECTIFS.

Le poids spécifique des tissus connectifs varie dans des limites assez étendues, dont la graisse et le tissu osseux représentent les deux extrêmes. Aussi la graisse agit non-seulement comme substance de remplissage, mais en outre, par sa faible densité, elle allège le poids total de l'organisme et par suite la masse à mouvoir, d'où dépense moindre de force musculaire.

La *consistance* des tissus connectifs offre tous les degrés depuis l'état diffusé et semi-liquide, comme dans le corps vitré jusqu'à la dureté considérable, telle qu'on le voit dans les os et les dents. Cette consistance est généralement en rapport avec la quantité d'eau contenue dans le tissu; ainsi le corps vitré en tient 98 p. 100 d'eau, l'os 5 p. 100 seulement. Leur *cohésion* est en général assez forte, sauf pour les tissus les plus mous, comme le corps vitré. Cette cohésion est la résultante de deux actions : 1° l'adhésion des molécules des éléments connectifs les uns aux autres, par exemple d'une fibrille connective, ou *cohésion moléculaire*; 2° l'adhésion de ces éléments les uns avec les autres, ainsi l'union de deux fibrilles entre elles, *cohésion élémentaire* ou *parcellaire*. Ceci indique déjà que la cohésion des tissus connectifs ne sera presque jamais uniforme et que leur rupture fera d'habitude plus facilement dans un sens que dans un autre; ainsi un cartilage costal se brisera plus facilement en travers que dans le sens de sa longueur; c'est encore plus marqué dans les tissus à structure fibreuse, comme les tendons et les ligaments; il est plus facile de dissocier les fibrilles que de les rompre.

Les forces qui agissent sur un tissu pour en détruire la cohésion, c'est-à-dire pour le rompre, peuvent s'exercer de quatre façons différentes : par traction, par pression, par flexion et par torsion, et, suivant chaque mode d'action, les divers tissus connectifs se comportent d'une façon différente.

La *résistance à la traction* est considérable pour certains tissus connectifs, en particulier pour les os et les tendons; un tendon d'un plantaire grêle supporte un poids de 15 kil. sans rompre. Si l'on prend pour unité de diamètre le millimètre on trouve que le *coefficient de cohésion*, c'est-à-dire le poids nécessaire pour rompre l'unité de diamètre des divers tissus connectifs est le suivant :

Os	7,76	Artères	0,16
Tendons	6,94	Veines	0,12

Cette résistance à la traction a un rôle essentiel dans la mécanique de l'organisme; c'est grâce à cette résistance des os, des tendons, des ligaments, que nous pouvons accomplir une certaine somme de travail mécanique extérieur, jusqu'à la limite indiquée par la limite même de cohésion de ces différents tissus. C'est dans la résistance à la distension des membranes con-

tives (aponévroses, membranes fibreuses, etc.) que certaines actions physiologiques trouvent un adjuvant et un régulateur. (Ex. rôle de l'aponévrose supérieure du périnée dans la défécation; rôle de la membrane du tympan dans l'audition.)

La *résistance à la pression* ⁽¹⁾ est surtout prononcée dans le squelette osseux, dans les cartilages qui revêtent les surfaces articulaires, dans les disques intervertébraux, etc. Elle joue un rôle incessant dans la station, dans la marche; elle agit surtout quand les pieds touchent le sol et où le sol résiste et l'astragale supporte d'une vitesse en rapport avec la hauteur de la chute.

Les *résistances à la flexion* dans certaines circonstances. Quand on soulève un poids, le bras étendu se fléchit sous l'influence du poids. Dans l'inspiration, les côtes et les cartilages costaux sont légèrement tordus et cette torsion cesse pendant l'expiration, les cartilages et les os revenant à leur forme naturelle dès que les puissances musculaires inspiratrices ont cessé d'agir.

La structure des tissus connectifs est presque toujours en rapport avec leur fonction mécanique, c'est-à-dire avec la manière dont leur cohésion est mise en jeu et avec la direction des forces qui tendent à rompre cette cohésion. Quand les forces agissent habituellement par traction, la cohésion doit être plus forte dans le sens longitudinal, et les organes prennent la structure fibrillaire comme les tendons et les ligaments, quand la traction s'exerce non plus dans un seul sens, mais dans plusieurs, comme dans la distension des membranes fibreuses et des aponévroses, la structure est encore fibrillaire, mais les fibrilles, au lieu d'être parallèles comme dans les tendons, sont entre-croisées et dirigées dans plusieurs sens. Quand la résistance à la pression doit dominer, on trouve, comme dans la tête du fémur ou le calca-

re, une disposition spéciale des lamelles du tissu spongieux appelée le mécanisme des voûtes, ou une forme tubuleuse, etc. dans la diaphyse des os longs, etc.

⁽¹⁾ On peut employer, pour apprécier la résistance à la pression, l'aiguille métallique qui est figurée et décrite dans le chapitre des sensations.

Les tissus connectifs interviennent aussi dans la cohésion des organes composés; ainsi le foie, le poumon, le cerveau doivent leurs degrés différents de cohésion, d'abord à la cohésion même de leurs éléments propres, glandulaires, nerveux, etc., et en second lieu à la présence et à la cohésion du tissu connectif qui entre dans leur composition, ainsi le foie, si pauvre en tissu connectif, le cerveau, dans lequel on ne trouve guère que du tissu réticulé, ont une cohésion très-faible, tandis que le poumon, très-riche en tissu élastique, présente une cohésion plus considérable.

L'élasticité des tissus connectifs joue un rôle essentiel dans beaucoup d'actes physiologiques. Dans la mise en jeu de cette élasticité, on doit distinguer avec soin deux phases successives : 1° le changement de forme du corps élastique sous l'influence d'une force quelconque; 2° le retour du corps à sa forme naturelle ou primitive lorsque cette force a cessé d'agir. Il faut donc distinguer la force élastique d'un corps, qui se mesure par la force nécessaire pour changer sa forme primitive, et la facilité avec laquelle ce corps revient à sa forme primitive ou la perfection de son élasticité. Ainsi, la force élastique du caoutchouc est faible, mais son élasticité est parfaite (*).

Les causes qui modifient la forme naturelle des corps élastiques sont les mêmes que celles que nous avons vues à propos de la cohésion; elles agissent par traction (extensibilité), par pression (compressibilité), par flexion (flexibilité) et par torsion. On aura donc, pour les tissus connectifs comme pour les autres corps, une élasticité de traction, une élasticité de pression, etc. et cette élasticité sera plus ou moins forte et plus ou moins parfaite.

Pour que l'élasticité se manifeste, il faut déjà que le tissu présente une certaine consistance; aussi ne peut-on guère parler de l'élasticité du corps vitré, par exemple. On peut diviser les tissus connectifs en deux grands groupes : le premier groupe est constitué par le tissu jaune élastique, faiblement mais parfaitement élastique; il change de forme sous l'influence d'une force très-faible, mais il revient exactement à sa forme naturelle; le second groupe comprend les tissus connectifs proprement dits, comme

(*) On voit que, à ce point de vue, le langage scientifique ne s'accorde pas avec le langage usuel.

tendons et les ligaments ; leur limite d'élasticité est vite atteinte et seulement à l'aide de forces puissantes, et ils ne reviennent ensuite qu'imparfaitement à leur forme naturelle ; le cartilage et les os représentent une sorte de groupe intermédiaire entre les tissus connectifs proprement dits et le tissu jaune.

En outre, l'élasticité des tissus connectifs diffère non-seulement par la nature du tissu, mais encore suivant le genre d'élasticité. L'élasticité de traction est plus marquée dans les os, les tendons, les ligaments ; l'élasticité de pression dans les cartilages hyalins, etc.

L'élasticité des tissus connectifs a deux fonctions principales :

C'est une force permanente qui lutte contre des actions permanentes (ex. : pesanteur) ou temporaires (action musculaire). L'élasticité de compression des disques intervertébraux et l'élasticité de traction des ligaments jaunes maintiennent la rectitude de la colonne vertébrale continuellement inclinée en avant par le poids des viscères. Dans l'expiration, l'élasticité de pression des cartilages costaux et des côtes intervient pour rendre rapidement à ces organes leur forme naturelle dès que les muscles inspirateurs cessent d'agir.

Elle transforme un mouvement intermittent en mouvement continu ; ainsi l'élasticité des parois artérielles transforme le courant saccadé du sang artériel en un courant continu, comme on voit dans les capillaires.

L'élasticité des tissus connectifs maintient donc à la fois et la forme des organes et la forme même du corps entier, et contrebalance continuellement les actions continues ou temporaires (actions, pesanteur, actions musculaires, etc.) qui tendent à modifier à chaque instant à en changer la forme naturelle.

Les propriétés optiques des tissus connectifs n'ont d'importance que dans deux organes appartenant à ce groupe et qui se trouvent dans l'œil, la cornée et le corps vitré, ces propriétés ont été étudiées avec la vision.

B. — RÔLE DES TISSUS CONNECTIFS DANS L'ENDOSMOSE.

Les tissus connectifs sont en rapport de tous côtés avec les milieux de l'organisme, sang, lymphes, transsudations séreuses,

liquides qui, au point de vue chimique, peuvent être considérés comme des solutions salines de substances albumineuses, ou, au point de vue de l'endosmose, comme des solutions de colloïdes et de cristalloïdes. Ces liquides imbibent donc les membranes connectives, et les lois de cette imbibition paraissent être à peu près les mêmes que celles de l'imbibition des corps poreux, cependant avec quelques restrictions. En effet, si l'histologie démontre dans certains tissus connectifs, par exemple les tendons, de véritables pores et des canalicules capillaires comparables aux pores des membranes artificielles, il en est d'autres dans lesquels ces pores sont loin d'être démontrés. Il faut donc distinguer l'*imbibition capillaire*, dans laquelle le liquide d'imbibition pénètre dans des espaces préformés, et l'*imbibition moléculaire*, comparable au gonflement des colloïdes dans un liquide, et dans laquelle le liquide pénètre dans les espaces qui séparent les molécules de la membrane imbibée. Cette imbibition moléculaire présente certaines conditions importantes à connaître. La première, c'est que ces tissus, en s'imbibant, augmentent de volume; mais l'augmentation de volume ne correspond pas à la quantité d'eau introduite, et H. Quincke a démontré que cette imbibition s'accompagne d'une contraction. Une seconde condition, c'est que les tissus s'imbibent plus dans l'eau distillée que dans l'eau salée et que, par conséquent, le liquide qui imbibé une membrane sera moins concentré que le liquide dans lequel la membrane est plongée; ceci explique pourquoi les transsudations séreuses sont en général moins concentrées que le plasma sanguin.

L'imbibition est la condition essentielle des phénomènes endosmotiques. Pour que des liquides puissent traverser une membrane, il faut que cette membrane puisse s'imbiber, puisse être mouillée par ces liquides. Aussi les membranes connectives dépourvues de pores, ne se laissent traverser que par l'eau, les solutions aqueuses et les liquides miscibles à l'eau; elles opposent donc une barrière insurmontable aux liquides gras ou aux émulsions grasses, quelque finement divisées qu'elles puissent être.

Les liquides peuvent traverser les membranes connectives sous deux influences diverses : par filtration et par endosmose.

Dans la *filtration*, le liquide traverse la membrane sous une certaine pression; c'est ainsi que le plasma sanguin transsude

de sel marin et dans le verre A de l'eau pure, il s'établit un courant d'eau de A en B, un courant de chlorure de sodium de B en A, jusqu'à ce que les deux solutions soient également saturées en A et en B. Il y a un rapport constant entre le poids de substance qui traverse la membrane et le poids de la substance qui la traverse en sens inverse, et on appelle *équivalent endosmotique* la quantité d'eau nécessaire pour faire passer à travers la membrane un gramme de la substance dissoute, cet *équivalent endosmotique* est très-faible pour les substances cristallines comme le sel; très-fort, au contraire, pour les substances colloïdes; aussi faut-il, pour qu'une très-faible quantité de substance traverse par endosmose une membrane connective, qu'une énorme quantité d'eau. L'appréciation des effets endosmotiques se fait soit par la hauteur du liquide dans le tube de l'endosmomètre, soit par le temps que le liquide met à arriver à une hauteur déterminée. Carlet a construit un appareil, l'*osmographie*, qui permet l'enregistrement direct des variations de niveau du liquide de l'endosmomètre (*).

L'endosmose varie suivant diverses conditions bien étudiées par les physiologistes. L'équivalent endosmotique des chlorures est très-faible, celui des nitrates et des sulfates est plus grand, celui des phosphates est considérable; celui des bases est très-fort, celui des acides très-faible, celui des sels acides plus petit que celui des sels neutres. La concentration de la solution augmente la vitesse de l'endosmose; la chaleur la favorise. Il en est de même de l'affinité chimique; l'endosmose est plus forte entre l'eau pure et l'eau salée qu'entre l'albumine et l'eau, si l'affinité est très-forte, le courant peut se produire d'un seul côté, ainsi, si on met en présence un acide et un alcali, le courant va vers l'alcali.

Il est très-rare, dans l'organisme vivant, que les deux liquides qui baignent une membrane soient exactement à la même pression; aussi la filtration accompagne-t-elle presque toujours l'endosmose.

(*) Ch. Bouland a construit, avec des vessies et des estomacs de bœuf, une série d'instruments ingénieux qui peuvent servir à étudier les propriétés physiques des membranes, de la filtration, de l'endosmose et de l'exosmose. Les instruments sont : l'*hygromètre gastrique*, le *cyncomètre*, pour mesurer la rétractilité des membranes, l'*elastomètre*, l'*osmomètre*, pour apprécier l'état de la transpiration cutanée, et l'*osmopneumètre*, pour mesurer la pression des gaz et des vapeurs. Pour la description et l'usage de ces divers appareils, voir le travail de Ch. Bouland, *De la Cosmographie physique*, dans *Journal de l'Anatomie*, 1873.

suffit pour la réparation, peu active du reste, de leurs aussi se trouvent ils sous la dépendance immédiate de dont ils reçoivent leurs matériaux de nutrition tels sont ports du cartilage d'encroûtement avec les extrémités articulaires. Dans les tissus vasculaires, au contraire, tion se fait directement par le sang.

On ne connaît que très-incomplètement le mode de des tissus connectifs; on ne sait d'une façon précise ni leurs produits de déchet ni quels sont leurs matériaux de réparation, et la forme sous laquelle les uns s'éliminent et s'introduisent, nous est à peu près inconnue.

La physiologie des globules blancs sera étudiée à part, dans les organes lymphoïdes.

La sensibilité des tissus connectifs est en général très-marquée. Cependant quelques-uns, moelle osseuse, périoste, sont assez riches en filets nerveux et peuvent, dans certains cas, présenter une sensibilité très-vive.

Ces tissus proviennent tous du feuillet moyen du blastème.

Bibliographie. — *Tratado de Fisiologia Medica*. — W. WYLLER: *Feststellung festes Körper* (Poggendorff's Annalen, 1841). — WERTHEIM: *Elasticité et la cohésion des principaux tissus du corps humain*. *Annales de Phys.*, 1847. — WEISS: *Ueber die Elasticität fester Organe* (Müller's Archiv, 1857). — DIERCKMANT: *De l'Endosmose* 1857. — QUATREMER: *osmotic force* (Philos. Trans., 1854). — A. BOUCHARD, *De Tissue con-*

2° PHYSIOLOGIE DES ÉPITHÉLIUMS.

Les tissus épithéliaux sont constitués par une ou plusieurs couches de cellules épithéliales appliquées sur une membrane connective et vasculaire sous-jacente. Quand il n'y a qu'une seule couche de cellules (fig. 41, A, B), l'épithélium est dit *simple*; il est *stratifié* quand ces cellules forment plusieurs couches superposées (fig. 41, C). Les cellules épithéliales juxtaposées ou superposées sont agglutinées ensemble par une sub-

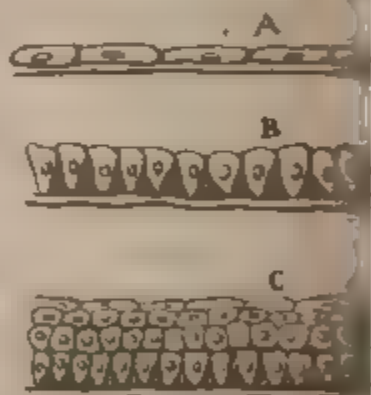


Fig. 41. — Épithélium.

Fig. 41. — A, épithélium pavimenteux — B, épithélium cylindrique — C, épithélium stratifié. (Koss.)

trouve une couche épithéliale simple ou stratifiée. L'exception qu'on avait cru exister pour la muqueuse des vésicules pulmonaires ne s'est pas confirmée; il est aujourd'hui prouvé qu'un épithélium tapisse ces vésicules; mais cet épithélium, très-délicat, se détruit avec la plus grande facilité. De la continuité de l'épithélium dérive un fait physiologique très-important, c'est que : toutes les substances qui doivent pénétrer dans l'organisme, comme toutes celles qui doivent en sortir, sont forcées de traverser une membrane épithéliale.

L'épithélium se présente sous deux formes principales : l'épithélium tégumentaire et l'épithélium glandulaire.

L'épithélium tégumentaire est étalé et constitue, comme l'indique son nom, une sorte de couverture qui s'étend sur les parties sous-jacentes; c'est lui qui revêt toute la surface extérieure du corps (épiderme, tégument externe) et les muqueuses des cavités digestive, respiratoire, génito-urinaire (tégument interne), muqueuses qui ne sont que des continuations du tégument externe.

L'épithélium glandulaire (fig. 44) n'est qu'une transformation de l'épithélium tégumentaire. Une glande, sous sa forme la plus simple, n'est qu'une dépression de l'épithélium (fig. 45, B, page 239, dépression qui présente tantôt l'aspect d'un tube terminé par un cul-de-sac de même diamètre (fig. 45, B, page 239, comme dans les glandes en tube, tantôt la forme d'une bouteille terminée par un cul-de-sac dilaté ou *acinus* fig 45, C, page 239), comme dans les glandes en grappe. Les cellules épithéliales qui tapissent le cul-de-sac glandulaire offrent souvent des caractères différents de ceux des cellules



Fig. 43 — Cellules épithéliales cutanées d'Araolisi. — a, b, c, cellule naturelle.

Fig. 43 — Cellules épithéliales cutanées d'Araolisi. — a, b, c, cellule naturelle. — cellule gonflée par l'eau. (Ch. Robin)

La *cohésion* des tissus épithéliaux est en général assez grande, sauf pour le tissu corné; les ongles, les poils, présentent assez grande résistance à la distension; mais cette résistance à la distension est bien plus faible pour l'épiderme cutané, qui se voit-on se fendiller quand la distension de la peau est trop loin, comme dans la grossesse ou les cas de tumeurs minérales. La résistance à la pression est plus marquée; l'épiderme du talon supporte tout le poids du corps sans distension notable de son épaisseur.

L'*élasticité* des tissus épidermiques, comme les poils et les ongles, sont les seuls pour lesquels on puisse l'apprécier, est très-importante.

Les tissus épithéliaux sont *transparents* et laissent passer assez facilement les rayons lumineux; cette propriété acquiert une importance exceptionnelle dans le cristallin de l'œil étudiée avec la vision.

Ils sont *mauvais conducteurs* de la chaleur et de l'électricité et constituent à ce point de vue une véritable barrière contre la déperdition de chaleur par rayonnement qui se fait à la surface de l'organisme. Les poils surtout jouent un rôle très-important sous ce rapport, spécialement chez les espèces animales.

La *capacité d'imbibition* des tissus épidermiques est très-marquée, à moins que ces tissus ne soient recouverts d'une couche de gras, comme sur presque toute la surface cutanée, ou que la facilité que l'épiderme de la paume de la main ou de la plante des pieds (dépourvus de glandes sébacées) se gonfle dans l'eau et l'emploi du cheveu dans l'hygromètre de De Saussure démontrent immédiatement le pouvoir hygroscopique des tissus épidermiques.

Les lois physiques de l'*endosmose*, applicables au passage des liquides à travers les membranes connexes, sont plus exactement aux membranes épithéliales. Cet effet, ici, un facteur nouveau intervient, l'activité spécifique des cellules épithéliales, qui modifie les phénomènes de filtration et d'osmose. Il semble y avoir une sorte d'*action électrique* par laquelle certaines substances sont arrêtées au passage, tandis que d'autres traversent facilement les membranes épithéliales.

lambeaux d'épithélium, mais qui, à l'état pathologique des espèces animales, peut porter sur des parties très ou même sur la totalité du revêtement épithélial. L'épithéliale se fait non-seulement pour l'épiderme cutané encore pour la plus grande partie du revêtement tégumentaire interne; ainsi l'épithélium intestinal paraît tomber dans la vallée de chaque digestion. Cette desquamation épithéliale précède souvent d'une transformation chimique des cellules surtout graisseuse. L'élimination des épithéliums est totale et non moléculaire comme celle des tissus profonds, et le renouvellement est total aussi; ni le sang, ni la lymphe ne suffisent, sauf certains cas exceptionnels, les déchets des tissus épithéliaux. Ceci est vrai même pour les tissus épithéliaux qui sont plus profondément situés, comme les glandes dont les excreteurs maintiennent la communication de la surface tégumentaire avec la surface tegumentaire, c'est-à-dire avec l'extérieur.

La sensibilité des tissus épithéliaux est nulle, mais dans les diverses sensations est très-important voir. Sans doute et de plus, il peut s'interposer, entre les éléments épithéliaux purs, des éléments nerveux qui donnent au tissu épithélial une sensibilité d'emprunt, comme dans la cornée.

1. RÔLE PROTÉCTEUR DES ÉPITHÉLIUMS.

Les épithéliums ont en premier lieu un rôle protecteur mécanique, partout où des pressions répétées, des frottements pourraient lésier les parties superficielles du corps, l'épiderme devenu couche cornée de l'épiderme, agit comme protecteur; il agit de même en présence des substances qui détruiraient rapidement les cellules plus délicates des tissus profonds. Mauvais conducteur du calorique, l'épiderme, avec ses annexes, poils, cheveux, etc., s'oppose, dans certaines limites, aux déperditions de chaleur et peut prévenir les effets d'une chaleur trop intense, ainsi les poils protègent la tête contre l'insolation.

Les épithéliums représentent, des adjuvants indispensables à certaines fonctions. Les papilles cornées de la langue, les palais de certains animaux interviennent dans les plus

par cette surface correspond l'absorption facile de cette substance et vice versa.

1° *Absorption des gaz et des substances volatiles par les theliums.* — La surface pulmonaire, dont l'épithélium si fin et si délicat se rapproche tant des endothéliums (voir Des), occupe la première place à ce point de vue, tant pour l'absorption physiologique de l'oxygène dans la respiration que l'absorption accidentelle des gaz et des substances volatiles. La peau, qui, même chez l'homme, est le siège d'une respiration rudimentaire, paraît, d'après les recherches les plus récentes, confirmer en ce point l'opinion de Bachat, pouvoir absorber des substances volatiles. Pour la muqueuse intestinale, où la respiration est plus rudimentaire encore, cette absorption est probable sans qu'elle soit démontrée d'une façon positive.

2° *Absorption des liquides et des substances solubles.* — surtout dans l'absorption des liquides et des substances solubles que se montre le mieux la spécificité d'action des surfaces theliales. Si l'on s'en tient à l'eau et aux principes que l'eau dissout, on voit certaines muqueuses, comme la muqueuse pulmonaire, l'absorber en quantité presque illimitée, tandis que l'épithélium vesical paraît presque réfractaire à l'absorption. La muqueuse intestinale, qui absorbe si rapidement la glycose et les peptones, n'absorbe qu'à peine ou très-lentement certaines substances toxiques et les virus. Enfin l'absorption cutanée se fait que lorsque l'enduit sébacé de la peau a été enlevé par divers moyens chimiques ou mécaniques.

3° *Absorption de la graisse.* — Le mécanisme de l'absorption de la graisse dans l'intestin sera étudié plus tard (voir : Absorption digestive). Partout ailleurs, sauf peut-être la peau dans de certaines circonstances particulières, l'épithélium, imprégné d'eau, est réfractaire à l'absorption grasseuse (voir, pour les détails, le chapitre Absorption de la Physiologie spéciale).

E. — RÔLE DE L'ÉPITHÉLIUM DANS L'ÉLIMINATION.

1. — EXHALATION.

L'exhalation n'est autre chose que l'élimination des gaz et des substances volatiles. L'exhalation gazeuse physiologique co-

dans le sang et dans la lymphe; ce genre de sécrétion est proche beaucoup des transsudations des séreuses; mais il n'est pas simple filtration; l'action élective de l'épithélium s'exerce au passage et fait varier la proportion des principes de la sécrétion comparativement à la composition du plasma lymphatique ou sanguin. A cette catégorie appartiennent les sécrétions muqueuses, la sueur, les larmes, etc.

Les principes les plus importants passant ainsi par filtration sont: l'eau, les sels du plasma (chlorures de sodium, de potassium, phosphates, sulfates, chaux, magnésie, etc.), l'acide carbonique, l'albumine (traces), les matières extractives, créatine, urée, acide urique, la glycose, la cholestérine, etc.

2° Sécrétions proprement dites avec production de principes nouveaux. — Ici, l'activité glandulaire spéciale intervient avec un coup plus énergiquement que tout à l'heure; la cellule glandulaire n'agit plus comme un simple filtre; elle modifie au passage la nature même des produits qui la traversent, ou crée même des produits nouveaux. Dans cette classe se rangent la plupart des sécrétions digestives (salive, suc gastrique, etc.).

Les produits ainsi formés par les cellules glandulaires sont pour ainsi dire avec chaque glande sans que jusqu'ici l'histologie et la physiologie aient pu éclaircir leur mode de production. Ainsi on n'a pas encore expliqué d'une façon satisfaisante les transformations chimiques qui font apparaître l'acide chlorhydrique dans le suc gastrique, l'acide sulfocyanhydrique dans la salive, les acides biliaires dans la bile. La formation de la caseine du lait, des ferments solubles des sécrétions digestives, n'est pas mieux expliquée.

3° Sécrétions par desquamation glandulaire. — Dans les sécrétions précédentes, la cellule glandulaire conserve sa forme et son intégrité; elle ne fait qu'abandonner à l'extérieur les principes qu'elle a traversés ou qu'elle a formés; ici, la cellule elle-même se dissout et s'élimine, et contribue par conséquent à former le produit de la sécrétion. Cette desquamation glandulaire, tout à fait comparable à la desquamation épithéliale qui se remarque sur la peau et le derme cutané, est en général précédée d'une transformation chimique des cellules glandulaires; cette transformation est tantôt grasseuse, comme dans les sécrétions sébacées, tantôt muqueuse, comme dans les mucus. La graisse et la mucine constituent les produits spéciaux de ce groupe de sécrétions.

azotés et non azotés, de graisse et de sels pour les différentes sécrétions. Les trois dernières analyses ont été prises sur le

	Densité.	Réaction.	Eau.	Parties solides.	Albuminoïdes.	Principes azotés.	Principes non azotés.	Quantité
Urine	1,018	Acide	960	40	—	25	traces.	—
Sueur	1,004	Acide	995	5	—	1,611	0,317	0,0
Larmes	—	Alcaline	982	18	5	—	—	—
Bile	1,028	Neutre	862	138	—	104	26	traces
Lait	1,031	Amphotère (?).	886	114	36,77	—	45,92	25,9
Colostrum	—	Alcaline	858	142	80	—	43	20
Sperme	—	Neutre	900	100	60	—	—	—
Salive mixte	1,006	Alcaline	995	5	2,96	—	—	—
Suc gastrique	1,005	Acide	973	27	17,1	—	—	—
Suc pancréat.	1,010	Alcaline	901	99	90,44	—	—	—
Suc entérique	1,011	Alcaline	975	25	—	—	—	—

Quantité de la sécrétion. — La quantité de liquide varie pour chaque sécrétion. Considérable en général pour les sécrétions par filtration et les sécrétions proprement dites, est plus faible pour les deux dernières catégories. Cette quantité n'est pas en rapport avec le volume de la glande et avec son poids, comme on peut le voir par le tableau suivant.

	Quantité en 24 heures.	Quantité par kilogramme du poids du corps.	Poids des glandes.	QUANTITÉ PAR KILOGRAMME DE POIDS		
				Quantité de sécrétion.	Quantité de parties solides.	Quantité de sels.
Urine	1,500 gr.	40 gr.	180 gr.	8,333 gr.	222 gr.	83 gr.
Bile	1,000	14	1,450	689	95	5
Lait	1,350	22	500 (?)	2,700	227	3
Salive	900	13	68	13,200	71	27
Suc pancréatique	250	3,6	70	3,500	1,417	125

On voit, par ce tableau, quelle différence il y a, à poids égal, entre l'activité des diverses espèces de cellules glandulaires.

La quantité de la sécrétion varie suivant certaines conditions étudiées pour chaque sécrétion en particulier, et ces variations sont plus marquées pour les sécrétions du premier groupe que pour les autres.

Aux variations de la quantité totale de la sécrétion correspondent des variations de quantité des divers principes qui la constituent; mais tous ces principes ne varient pas dans le même rapport. L'eau d'abord, et en seconde ligne les principes salins contribuent beaucoup plus que les substances albumineuses; aussi, en général, quand une sécrétion augmente, elle devi

varier cette pression ; c'est là, à proprement parler, l'*acte préparatoire* de la sécrétion ;

2° Une *activité des cellules glandulaires* qui prennent dans le lymphatique les matériaux nécessaires pour la sécrétion et les modifient plus ou moins ; cette deuxième phase est l'*acte essentiel* de la sécrétion ; il est sous la dépendance médiate de la première phase, en ce sens que la filtration fournit le liquide dont ont besoin les cellules glandulaires et le renouvelle si la provision en est épuisée ; sans cela la sécrétion s'arrêterait faute d'aliment, mais il en est indépendant d'une façon immédiate.

En effet, on peut abolir isolément chacun des deux processus sans enrayer l'autre. On a vu plus haut que la sécrétion continue sur une tête coupée, et il en est de même si on interrompt la circulation dans la glande ; la salivation continue pendant un certain temps. D'un autre côté, on peut arrêter la sécrétion, tout en laissant la filtration sanguine se produire ; si, par une injection de carbonate de soude dans le conduit salivaire, on détruit l'activité des cellules glandulaires et qu'on augmente la pression sanguine par l'excitation de la corde du tympan, la filtration sanguine continue à se faire, mais la glande ne sécrétant plus, le liquide transsudé s'accumule dans les lacunes lymphatiques et la glande s'œdématise. (Gianuzzi.)

Le rôle des nerfs dans les sécrétions est en rapport avec le mécanisme qui vient d'être expliqué. A chacun des deux actes de la sécrétion correspond une catégorie spéciale de nerfs : à la filtration, des *nerfs vasculaires*, qui règlent la circulation glandulaire et la pression sanguine ; à la sécrétion proprement dite, des *nerfs glandulaires*, qui agissent directement sur les cellules épithéliales des *acini*.

L'indépendance de ces deux actes n'empêche pas qu'ils marchent en général ensemble et du même pas ; habituellement quand la filtration s'exagère, la sécrétion s'exagère aussi, et *vice versa*. En effet, une sécrétion intense suppose un renouvellement plus fréquent de la lymphe périglandulaire et une activité plus grande de l'acte préparatoire de la sécrétion ; c'est là ce qui explique le fait observé par Cl. Bernard, que le sang veineux des glandes en activité est rouge clair et non rouge foncé, par suite de l'accélération de la circulation glandulaire.

Rôle des sécrétions. — Les sécrétions ont tantôt un rôle

à 280 par seconde, et sont tout à fait indépendants du système nerveux et de la circulation, car ils persistent sur des cellules détachées; mais, par contre, le mouvement s'arrête quand les cils sont détachés de la cellule qui les supportait. Ces mouvements subsistent assez longtemps après la mort, et on les a observés encore au bout de trente heures et plus chez des suppliciés (Ordonez, Gosselin, Robin), chez les animaux à sang froid, ils peuvent persister plusieurs jours. Quand ces mouvements sont arrêtés, une solution diluée de potasse ou de soude les fait reparaitre de nouveau (Virchow). L'oxygène favorise le mouvement vibratile; l'acide carbonique et l'hydrogène le font disparaître (Kühne). Quels sont la nature et le mode de ce mouvement? Il ne peut y avoir aujourd'hui le moindre doute et le mouvement vibratile n'est qu'un cas particulier des mouvements du protoplasma. En effet, le contenu des cils se continue, d'après des recherches récentes, avec le contenu de la cellule épithéliale et les cils se comportent avec les différents réactifs de la même manière que le protoplasma (coagulation à $+ 40^{\circ}$, action des alcalis, etc.). Le mouvement vibratile présente aussi de grandes analogies avec le mouvement musculaire; ainsi il n'est pas aboli par le curare, à moins qu'il ne soit en solution très-concentrée.

Ce mouvement vibratile s'observe dans les voies respiratoires (larynx, trachée et bronches, où il est dirigé vers l'extérieur, la muqueuse nasale, les trompes utérines, etc.

Le rôle du mouvement vibratile ne paraît avoir d'importance chez l'homme que dans les voies respiratoires, pour transporter vers le larynx, pour être expulsées par la toux, les mucosités et les poussières qui ont pénétré dans l'arbre aérien avec l'air inspiré. (Voir aussi le chapitre de la reproduction.

Bibliographie. — W. HIR. *Die Håute und Håhren des Korpers* 1865. — (à Rome.) *Des Elements anatomiques et des Epitheliums*, 1867. — E. CARVER. *Essai sur la physiologie des epitheliums*, 1867. — HERTZ. *Syst. Anatomie*, t. III. — L. KLEIN. *Art. Epithelium*, du Nouveau Dict. de med. et de chir. pratiques, t. XIII. — FARABOEUF. *De l'Epiderme et des Epitheliums*, 1872.

3^e PHYSIOLOGIE DU TISSU MUSCULAIRE.

a. — Tissu musculaire strié.

La fibre musculaire striée (fig. 46, page 253) représente le plus haut degré de perfectionnement de la substance contractile. La

tuée par l'enroulement spiroïde d'un filament légèrement aplati de ruban contourné en hélice sur lui-même, au bord duquel pendent les stries transversales obscures, tandis que les stries ne sont autre chose que les intervalles des tours de spire (*).

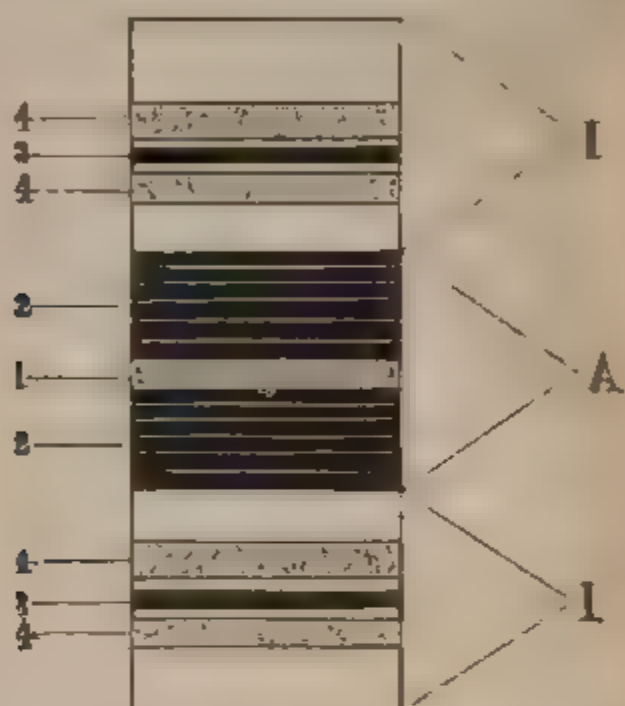


Fig. 47. — Schéma de la fibre striée. (Voir page 253.)

Le tissu musculaire strié est constitué par la juxtaposition des fibres musculaires primitives; ces fibres, sauf quelques exceptions (cœur, langue), sont parallèles entre elles et leurs faisceaux contenus dans une gaine connective (*perimysium interne*), ces faisceaux eux-mêmes se groupent en faisceaux secondaires, tertiaires, etc., pour former le muscle qui est lui-même entouré d'une gaine fibreuse, *perimysium externe*.

Les fibres musculaires ne vont pas, en général, d'une extrémité à l'autre du muscle, à moins que celui-ci ne soit très petit; d'après Rollett, leur longueur ne dépasserait pas 1 centimètre.

Les vaisseaux des muscles sont très-nombreux; les capillaires constituent un réseau de mailles rectangulaires qui entourent

(*) Voir, pour plus de détails, les *Traité d'histologie* et les *mémoires* de Rouget, Rollett, Cohnheim, Hensen, Krause, Hoppler, Engelmann, etc.

Fig. 47. — I, substance isotrope. — A, substance anisotrope. — 1, bande claire en deux moitiés. 2, 3, la substance anisotrope. — 5, bande foncée coupant en deux la substance isotrope ou strie intermédiaire. — 4-4, stries accessoires claires.

Élasticité musculaire. — L'élasticité musculaire a été étudiée par Ed. Weber. Cette élasticité est très-faible, n'est sinon parfaite, au moins très-rapprochée de la parfaite. Le muscle s'allonge facilement sous l'influence de poids faibles et revient ensuite exactement à sa longueur primitive. Ces allongements du muscle ne sont pas exactement proportionnels aux poids qui le tendent; l'allongement diminue à mesure que les poids augmentent et la courbe d'élasticité musculaire, au lieu d'être une ligne droite, se rapproche de l'hyperbole. (Wertheim.)

La limite d'élasticité du muscle est assez vite dépassée. Un trocnemien de grenouille chargé d'un poids de 100 grammes revient plus à sa longueur primitive.

À l'état d'activité ou de contraction, le muscle est moins élastique, c'est-à-dire qu'il est plus extensible. (Weber.) Pour prouver, Weber a construit avec des fibres musculaires une balance de torsion analogue à la balance de Coulomb. On a vu que les oscillations de l'aiguille étaient plus rapides pour le muscle en repos que pour le muscle actif. Ce fait explique une expérience curieuse de Weber : si on charge d'un poids appréciable un muscle en repos, quand ce muscle se contracte, il s'allonge au lieu de se raccourcir; cela tient à ce que le raccourcissement dû à la contraction n'a pas été suffisant pour compenser l'allongement dû à la diminution d'élasticité. Pour que l'expérience réussisse, il faut que le muscle soit déjà fatigué. Au reste, comme l'a montré Volkmann, exagère la diminution d'élasticité du muscle actif.

Wundt est arrivé à des résultats contraires à ceux de Donders et Van Mansveldt, qui ont expérimenté sur le biceps et brachial antérieur, sont aussi en opposition avec la théorie de Weber. Ils opéraient de la façon suivante : le bras est fixé sur une sorte de matelas qui supporte un quart de cercle divisé dont le coude occupe le centre, l'humerus est à l'avant-bras horizontal, et le poignet supporte des poids qui font varier l'intensité; à un moment donné on coupe le bras en retenant le poids et l'avant-bras se fléchit d'une certaine quantité appréciable par le nombre de degrés du cadran; plus le poids est considérable, plus l'écart entre l'horizontale et la fléchie est grand, cet écart croît avec le poids dont on charge l'avant-bras. Ils sont arrivés ainsi aux conclusions suivantes :

Des controverses nombreuses se sont élevées sur la question de savoir si la tonicité et l'élasticité musculaires étaient sous l'influence de l'innervation. Plusieurs expériences semblent prouver l'influence. La plus connue est l'expérience de Brondgeest et Bionne, sur une grenouille, la moelle au-dessous du bulbe, coupe les nerfs de la jambe d'un seul côté; alors, en suspendant la grenouille par la tête, il voit que toutes les articulations de la jambe du côté opéré sont plus lâches et moins fléchies et en conclut que la moelle fournit aux fléchisseurs une innervation permanente. Une expérience de Liégeois parle dans le même sens. On coupe le nerf sciatique d'un seul côté et sectionne les deux gastrocnémiens; le muscle du côté paralysé se raccourcit moins que celui du côté intact. Cependant Heidenhain a constaté que le muscle place par un poids dans un certain degré de tension s'allonge pas par la section du nerf qui s'y rend.

L'innervation et la circulation ont pourtant une certaine influence sur l'élasticité musculaire comme sur celle de tous les tissus vivants, mais par leur action sur la nutrition des muscles. Quand on intercepte la circulation dans un muscle, il devient moins élastique (moins extensible), mais son élasticité est encore parfaite. Cette diminution d'extensibilité et l'imperfection de l'élasticité sont encore plus marquées dans les muscles en état de rigidité cadavérique.

Production d'électricité, courant musculaire. — *Électricité animale.*

B. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES DU TISSU MUSCULAIRE

Nutrition. — La nutrition du tissu musculaire est très-active. Un muscle, même à l'état de repos et privé de sang, absorbe l'oxygène et élimine de l'acide carbonique, est le siège, par conséquent, d'une véritable respiration. Mais ces phénomènes chimiques augmentent dans le muscle en activité. L'absorption d'oxygène et l'exhalation d'acide carbonique s'accroissent dans une plus forte proportion que la première; mais ce sont pas là les seules actions chimiques qui se produisent. L'extrait aqueux diminue, l'extrait alcoolique augmente; en même temps le muscle devient acide et cette acidité, due en grande partie à l'acide lactique, s'accroît avec l'intensité de l'activité musculaire.

après la section des nerfs moteurs, tandis que l'excitabilité était perdue au bout de quatre jours. Dans toutes ces expériences il est vrai, on peut objecter que la persistance de l'excitabilité peut tenir à l'intégrité des plaques motrices terminales, et indépendantes jusqu'à un certain point des nerfs. Mais l'objection ne peut s'appliquer à l'observation suivante : on examine au microscope des fibres musculaires vivantes et on trouve facilement des tronçons de fibre évidemment dépourvus de plaques terminales et qui sont le siège de contractions nettes; le même fait peut s'observer sur certaines portions de muscles dépourvues de fibres nerveuses, telle est l'extenseur du muscle coulonier de la grenouille. (Kühne.) Ce phénomène n'est rien d'anormal et s'accorde avec des faits déjà connus : la substance musculaire n'est qu'une forme de protoplasma contractile, et on a vu que ces mouvements du protoplasma sont essentiellement propres à cette substance et indépendants de l'action nerveuse.

La contraction *idio-musculaire* a été aussi invoquée en faveur de l'irritabilité propre du tissu musculaire. Si on pince un muscle avec le dos d'un scalpel ou avec la main, on observe un gonflement localisé qui, pendant quelque temps, reste au point excité du muscle. L'expérience réussit mieux sur des muscles affaiblis (Schiff); mais, dans ce cas, on excite en même temps les ramifications nerveuses terminales. Le même phénomène peut être observé après la mort, et cette contraction *idio-musculaire* peut même déterminer des mouvements assez étendus des membres.

L'irritabilité musculaire ne peut entrer en jeu qu'après une excitation préalable. Les excitants de l'irritabilité sont d'abord l'action nerveuse qui représente l'excitant physiologique de la contractilité, et en second lieu les excitants qu'on peut appeler accidentels. Dans cette catégorie rentrent toutes les influences mécaniques, chimiques et physiques qu'on fait agir immédiatement sur le tissu musculaire. Telles sont les actions mécaniques (tension, percussion, etc.), physiques (électricité, chaleur, etc.), chimiques (eau distillée injectée dans les vaisseaux, solutions de sels métalliques, glycérine étendue, acides dilués, alcalins, acide lactique affaibli, ammoniac, etc.). Il est dans bien des cas, même quand on porte l'excitation

de lui-même, de savoir si on a excité la substance mus-
culaire seule ou bien les terminaisons périphériques des nerfs
musculaires.

Irritabilité musculaire varie, suivant certaines conditions,
en plus, soit en moins. Elle est augmentée par un afflux
plus considérable; si on fait affluer le sang dans un
membre en paralysant ses nerfs vaso-moteurs (section des troncs
nerveux chez la grenouille), la contraction des capillaires de la
musculature s'accompagne d'une irritabilité plus grande des muscles du
membre; de même après l'hémorrhagie du bulbe et des tuber-
cules chez la grenouille, on observe une hyperhémie et une
excitabilité plus marquée d'une partie de la langue. (Liégeois.)
L'oxygène, la présence de l'oxygène, l'injection de sang oxygé-
né, conservent plus longtemps l'irritabilité dans l'oxy-
gène que dans l'air et, dans l'air, l'injection de sang oxygé-
né maintient l'irritabilité plus longtemps qu'un membre séparé du
corps. La caféine, etc., augmentent l'irritabilité musculaire.
Il en serait de même du passage d'un courant galvanique con-
tinu dans le sens de la longueur des fibres.

Les causes qui agissent en sens inverse sont : l'arrêt de la cir-
culation sanguine (compression ou ligature de l'aorte comme
l'expérience de Stenson, injection de substances coa-
gulantes ou obturantes dans les vaisseaux), la fatigue, une
température au-dessus ou au-dessous d'une moyenne variable
pour chaque espèce, enfin la présence dans le muscle de
certaines substances telles que l'acide carbonique, l'acide lac-
tique, le phosphate de chaux, ou de principes toxiques, comme
le strychnine. Certains poisons abolissent presque instantanément
l'irritabilité musculaire; tels sont le sulfocyanure de potassium,
les sels de potasse, la bile, l'émétine, la saponine, l'upas
et, etc.

La section des nerfs amène dans les muscles des alterations
étudiées par Erb et Vulpian; l'excitabilité du muscle diminue
avec une grande rapidité.

L'irritabilité persiste plus ou moins longtemps après la mort ou
d'un membre détaché du corps; elle disparaît très-vite sur les
animaux à sang chaud, beaucoup plus lentement sur les animaux
à sang froid; cette diminution de l'irritabilité marche parallèle-
ment avec l'établissement de la rigidité cadavérique. Brown-

recevoir le ponce. Ce ressort communique avec un système de F, F, auxquels se transmet chaque traction exercée sur lui, moule qui va s'écrire sur le cylindre enregistreur. Le bras est placé sur un moule en plâtre qui le fixe et ne permet que les mouvements de l'adducteur du ponce. La contraction de ce dernier muscle se fait par l'excitation du nerf cubital.

B. APPAREILS ENREGISTREURS DU GONFLEMENT MUSCULAIRE. — Le gonflement musculaire peut être enregistré, comme dans la figure 267, par un levier qui repose sur le muscle près de son point d'insertion ; le gonflement du muscle, au moment de la contraction, lève le levier dont l'extrémité va tracer, sur le cylindre enregistreur, le graphique très-amplifié du gonflement musculaire (voir figure 267). 2° *Pince myographique de Marey.* Cet appareil a l'avantage de pouvoir s'appliquer sans avoir besoin de mettre le muscle à nu. Dans sa disposition primitive, il se composait de deux branches articulées ensemble par leur partie médiane, une de ces branches pouvait être posée sur l'autre comme un fléau de balance. À une extrémité, ces branches se terminaient chacune par un disque métallique en communication avec les pôles d'une pile, et le muscle (adducteurs du ponce) était placé entre ces deux disques. À l'autre extrémité, la branche inférieure supportait un tambour du polygraphe de Marey, la branche supérieure une petite vis verticale. Quand le muscle se contractait, il écartait les deux branches ; celles-ci se rapprochaient à l'autre extrémité où la vis venait presser sur le tambour du polygraphe ; la pression se transmettait alors par un tube à un second tambour muni d'un levier enregistreur. Dans la disposition nouvelle, la pince myographique peut s'appliquer à différents muscles et non plus seulement aux adducteurs du ponce. Les deux disques métalliques entre lesquels se place le muscle sont supportés par deux branches qui peuvent se rapprocher ou s'écarter par un simple glissement, comme dans le compas de copiste. L'un des disques est supporté par un ressort d'acier et supporte une vis qui, lorsque le muscle se contracte, presse sur le tambour du polygraphe comme dans l'instrument précédent. La pince myographique enregistre très-fidèlement les mouvements qui ne sont pas trop rapides.

Les recherches des physiologistes, et principalement de Marey, ont montré que la contraction musculaire peut se décomposer en une série de petites contractions partielles ou secousses formées par l'élasticité musculaire. Pour étudier le phénomène de la contraction, il est donc nécessaire de l'analyser, c'est-à-dire de la décomposer en ses petites contractions partielles.

1. — DE LA SECOUSSE MUSCULAIRE.

Quand un excitant est porté directement sur une fibre d'un faisceau musculaire, on voit *presque instantanément* le excité se gonfler et se raccourcir, c'est-à-dire que les stries transversales se rapprochent les unes des autres; il se forme sur la fibre musculaire une sorte de *ventre*, qui, sur un muscle, traduit par une saillie appréciable. Quand l'excitation est sur le nerf du muscle, le phénomène est le même, mais le raccourcissement et le gonflement apparaissent de suite dans l'étendue du muscle.

Ces deux phénomènes, raccourcissement, gonflement peuvent être enregistrés directement à l'aide des myographes, et on a la représentation graphique ou la courbe de la contraction musculaire.

1° Courbe du raccourcissement musculaire (fig. 52). —

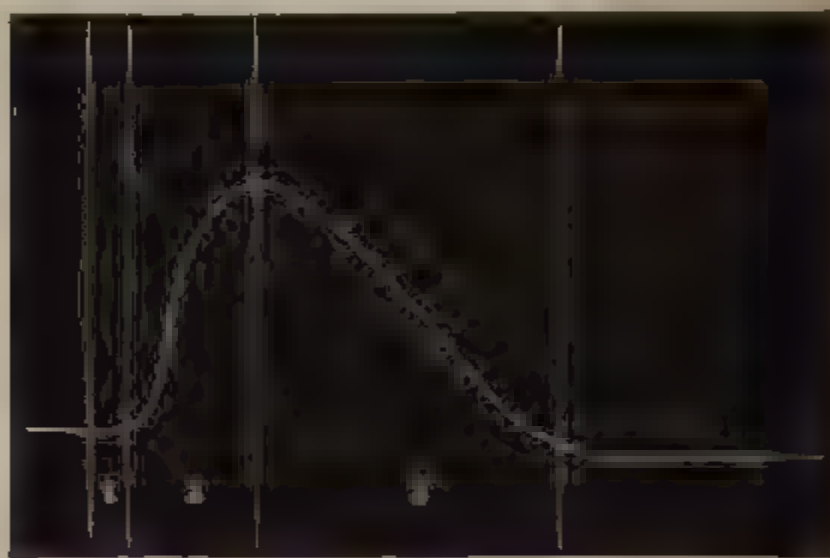


Fig. 52. — Analyse de la courbe du raccourcissement musculaire

analyse cette courbe, on voit que sa durée peut se décomposer en trois périodes inégales

a) Une première période (1), pendant laquelle aucun phénomène ne se produit dans le muscle, quoique l'excitation ait agi à partir de la première ligne verticale, c'est la période d'*excitation latente*, il faut donc au muscle un certain temps, d'un tiers de seconde environ, pour se mettre en mouvement;

b) Une deuxième période (2) d'ascension de la courbe

reil de la figure 51. (Marey.) Si on place sur un muscle deux leviers enregistreurs, à une certaine distance l'un de l'autre, et qu'on excite l'une des extrémités du muscle, le gonflement qui accompagne sa contraction soulève les deux leviers et donne pour chaque levier la courbe de contraction du muscle: comme le cylindre enregistreur tourne, les deux courbes ne coïncident pas (fig. 53), et comme on connaît la vitesse exacte du cylindre

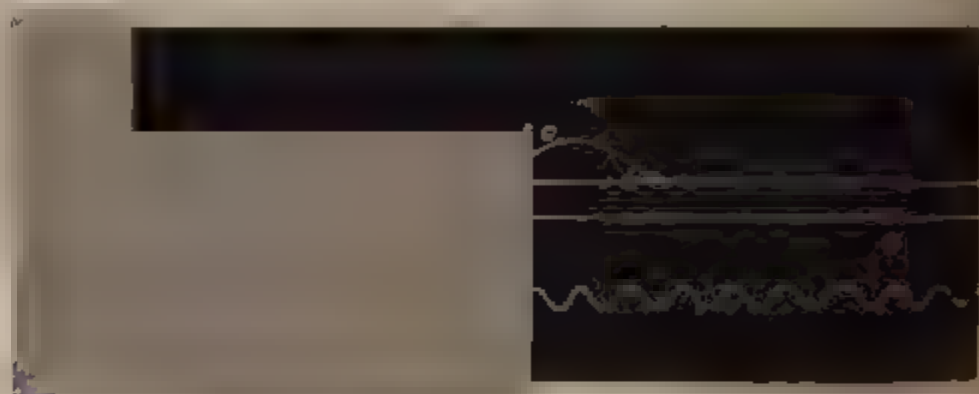


Fig. 53. — Graphique de la propagation de l'onde musculaire

par l'enregistrement des vibrations d'un diapason, la distance entre les deux graphiques donne la vitesse de propagation de l'onde musculaire. Cette vitesse est d'environ 1 à 3 mètres par seconde.

Quand, au contraire, l'excitation électrique est placée aux deux extrémités et que le courant traverse le muscle d'un bout à l'autre, les deux contractions sont simultanées et les deux courbes se correspondent.

L'onde de contraction excitée dans une fibre musculaire est limitée à la fibre excitée et ne se transmet pas aux fibres voisines.

Fusion des secousses musculaires. — Si l'on fait agir sur un muscle, non plus une seule excitation, mais une série d'excitations successives, il se produit des phénomènes différents suivant la rapidité avec laquelle les excitations se suivent. Il peut se présenter plusieurs cas :

1° La deuxième excitation agit après la terminaison de la secousse amenée par la première; il se produit alors une deuxième secousse musculaire ayant les caractères de la première et ainsi de suite pour les irritations successives jusqu'à fatigue du muscle.

2° La deuxième excitation agit pendant la période d'excitation latente; dans ce cas, le raccourcissement n'est pas plus grand

courant constant sur les muscles, voir : *Action de l'électricité sur l'organisme.*)

Les secousses musculaires produites par l'influence nerveuse présentent absolument les mêmes caractères et les mêmes conditions que les secousses produites par l'excitation directe du tissu musculaire et les courbes de la contraction musculaire sont, dans un cas comme dans l'autre, tout à fait identiques. Le tétanos musculaire, s'observe aussi à la suite d'excitations portant sur le nerf, percussions répétées, ligature graduelle, chaleur, dessèchement, agents chimiques, strychnine, etc.

2. — DE LA CONTRACTION MUSCULAIRE PHYSIOLOGIQUE.

La contraction musculaire physiologique, comme la contraction musculaire provoquée artificiellement, se compose de secousses musculaires. Mais ces secousses musculaires, véritables éléments de la contraction, doivent être considérées à deux points de vue :

1° Les secousses partielles de chaque fibre musculaire se réunissent pour constituer une secousse totale qui porte sur l'ensemble du muscle; en effet, ces secousses partielles sont simultanées grâce à la distribution nerveuse dans le muscle; quand le nerf est excité, toutes les ramifications nerveuses le sont en même temps, ainsi que toutes les fibres musculaires qui reçoivent l'un au moins de ces terminaisons nerveuses, ainsi, la rapidité de la transmission nerveuse assure l'instantanéité et la simultanéité d'action de toutes les fibres musculaires. Sans cette condition la contraction, restant localisée dans la fibre musculaire excitée, pourrait se généraliser dans la totalité du muscle.

2° Ces secousses musculaires totales, par leur succession, produisent la contraction musculaire. Ces vibrations musculaires peuvent même devenir sensibles à l'oreille (voir : *Son musculaire*). Ce fait prouve que l'excitation nerveuse motrice arrive au muscle, non en bloc et tout d'un coup, mais par doses fractionnées et à intervalles égaux.

Ces secousses musculaires de la contraction physiologique peuvent aussi être enregistrées. Si on place entre les dents du chien à l'extrémité du doigt le levier écrivant du myographe, par exemple, et qu'on tienne la pointe du levier appliquée contre un cylindre enregistreur, au lieu d'avoir une ligne droite on obtient

au moment de la contraction, on voit le liquide s'abaisser dans le tube (Erman.) Les résultats obtenus par Erman, mes d'abord Gerbet, ont été confirmés par la plupart des physiologistes. Le physomètre de P. Harling, instrument pour déterminer les volumes variables, peut servir aussi à apprécier cette diminution de volume du muscle. (Voir : *Revue scientifique*, 1873, p. 801.)

Les phénomènes anatomiques de la contraction musculaire peuvent s'observer facilement au microscope. Si on examine de cette façon une fibre vivante, d'insecte par exemple, on voit une sorte d'ondulation, de gonflement marcher à la surface de la fibre et se propager ainsi dans toute sa longueur. En même temps les stries transversales se rapprochent, ces phénomènes se voient surtout bien si la fibre est légèrement tendue par ses deux extrémités. Dans le cas contraire, quand elle est libre, c'est plutôt une sorte de mouvement miculaire.

On a cherché, en employant de plus forts grossissements, à pénétrer plus intimement le mécanisme de la contraction musculaire. W. Engelmann (voir fig. 47, page 254), les phénomènes suivants se observaient pendant la contraction musculaire. La substance anisotrope serait seule active dans la contraction, la substance isotrope l'étant tout la bande transversale qui la partage (3, 4), serait le siège de forces élastiques qui lutteraient contre la contraction. La substance isotrope diminuerait, la substance anisotrope augmenterait de volume pendant la contraction. Mais ces résultats, ainsi que la structure même de la strie, ne peuvent être admis qu'après des observations nombreuses et répétées.

2° Travail musculaire.

Sur le vivant, les muscles ont toujours des résistances à vaincre au moment de leur contraction, résistances soit intérieures, soit extérieures, soit des antagonistes, poids des parties du corps à mouvoir, soit extérieures (soulèvement de poids), c'est-à-dire qu'ils accomplissent un travail mécanique (poussée ou traction). Ce travail mécanique, quel qu'il soit, peut toujours être évalué par le poids P soulevé par la hauteur H à laquelle il est soulevé, ou l'étendue du raccourcissement : $T = PH$.

incombustibles nécessaires à la contraction et utilisés pendant la contraction. Quand, au contraire, l'activité musculaire est exagérée, les produits de la contraction sont formés en trop grande quantité pour pouvoir être entraînés par la circulation et s'accumulent dans le muscle ; d'un autre côté, celui-ci ne reçoit pas du sang, en quantité suffisante, les matériaux nécessaires à la contraction, de là tous les phénomènes qui constituent la fatigue musculaire. On peut, en effet, produire artificiellement la fatigue d'un muscle en injectant dans ses artères de l'acide lactique ou du phosphate acide de soude. (J. Ranke.)

La fatigue diminue la cohésion du tissu musculaire. On excite les deux cuisses d'une grenouille et on excite l'une des cuisses jusqu'à la fatigue, puis on attache aux deux pattes des poids jusqu'à rupture des muscles de la cuisse : la rupture arrive plus vite pour la cuisse fatiguée que pour l'autre. (Liegeois.)

L'influence de la fatigue sur l'élasticité musculaire est controversée, d'après Kronecker, elle serait la même que dans un muscle en activité ; cependant, en général, on admet une diminution d'élasticité. D'après Volkmann, l'extensibilité ne diminue qu'après avoir au début subi une augmentation.

La fatigue abaisse considérablement l'irritabilité musculaire. Les graphiques de la contraction traduisent bien ces variations. La période d'excitation latente est plus longue ; la secousse musculaire présente moins d'amplitude et plus de durée, sauf à l'extrême fatigue où la durée diminue avec l'amplitude, la fréquence des secousses s'opère plus rapidement, et l'obliquité de la courbe de descente, qui est surtout influencée par la fatigue, présente une plus grande lenteur du retour du muscle à sa longueur primitive. On a vu plus haut que le raccourcissement et le travail utile du muscle diminuent rapidement par la fatigue. D'après Leber, un muscle se fatiguerait moins quand il soulève un poids que quand on l'empêche de se raccourcir. Dans ce dernier cas, l'acidité du muscle est plus grande. (Heidenhain.)

4° *Phénomènes physiques de la contraction musculaire.*

Son musculaire. Bruit rotatoire des muscles. — On applique l'oreille ou le stéthoscope sur un muscle contracté.

Les théories de la contraction musculaire peuvent être rangées en trois groupes : théorie physique de l'élasticité ; théorie mécanique ; théorie chimique.

A. THÉORIES PHYSIQUES DE L'ÉLASTICITÉ. — 1^{re} *Théorie de Weber*. Pour Ed. Weber, suivi en cela par beaucoup de physiologistes, Volkmann entre autres, la contractilité musculaire n'est qu'une question d'élasticité. Le muscle a deux formes naturelles, une forme (n° 1 de Köss) dans laquelle il est à l'état de repos, une forme (n° 2 de Köss) dans laquelle il est contracté ; ce qu'on appelle le passage du repos à la contraction n'est que le passage de la forme n° 1 à la forme n° 2, mais le muscle n'est pas plus actif sous la seconde que sous la première, puisque, dans les deux cas, il exerce une même force sur ses deux points d'attache. L'excitant ne fait que changer l'élasticité du muscle, comme la chaleur change celle d'un ballon de caoutchouc. Quant à la cause même de ce changement d'élasticité, Volkmann suppose que l'excitation nerveuse produit dans le muscle des actions chimiques qui modifient l'équilibre des molécules. Les théories par lesquelles Volkmann a cherché, dans ces dernières années, à soutenir cette théorie, ne me paraissent pas satisfaisantes. 2^{re} *Théorie de Rouget*. Rouget rattache aussi la contraction musculaire à l'élasticité, mais il comprend cette élasticité tout autrement que Weber. Pour lui, la fibre musculaire est comparable au stylet des infusoires, pédicule spiralé contractile par lequel l'infusoire se débarrasse des corps étrangers ; à l'état ordinaire, ce stylet est allongé et la spirale à peine marquée, mais dès qu'une excitation intervient, la spirale allongée se raccourcit subitement des $\frac{1}{5}$ cinquièmes et devient un ressort en hélices à tours très-rapprochés, c'est cette dernière forme que le stylet prend après la mort de l'animal. L'état d'activité du stylet et à la continuité de la nutrition, correspond à la spirale allongée du stylet, l'état de contraction correspond au contraire à la spirale raccourcie. Les phénomènes de nutrition et est une pure affaire d'élasticité ; le stylet n'étant plus distendu par le mouvement nutritif, il reprend sa forme naturelle de ressort élastique en spirale. Il en est de même de la fibre musculaire. Pendant la vie, elle tend sans cesse à se raccourcir en vertu de son élasticité, mais cette tendance au raccourcissement est combattue par une tendance à l'allongement due à la nutrition même du muscle et probablement à la production de chaleur. C'est la cause. Tout ce qui enraye ce travail de nutrition, l'excitation excessive, ligature de l'artère d'un muscle, etc., fait disparaître la tendance à l'allongement, et l'élasticité restant seule en jeu, la contraction se produit. L'augmentation de chaleur du muscle, au moment de la contraction, s'explique parce que la chaleur qui était employée à maintenir le muscle se trouve libre au moment où le muscle se raccourcit.

plus loin. — 2^e *Théorie du dédoublement.* Partant de ce que la contraction musculaire peut se faire à l'abri de l'oxygène, le muscle continue malgré cela à produire de l'acide lactique et de l'acide carbonique, Hermann admet non une oxydation, mais un dédoublement. Le muscle contiendrait une provision d'une substance (non encore isolée), azotée, susceptible de se dédoubler en deux des forces vives en myosine, acide lactique et acide carbonique. Le sang enlève au muscle l'acide lactique et l'acide carbonique, et la myosine et lui apporte de l'oxygène et une substance (encore inconnue) qui, avec la myosine, reforme la substance primitive. Cette théorie ne pourra être admise que le jour où on isolera la substance inogène et son facteur non azoté.

En résumé, le muscle est le siège de phénomènes chimiques, de production de chaleur et de production de mouvement, et il y a certainement entre ces trois phénomènes une liaison intime, mais que nous ne sommes pas encore parvenus à saisir.

D. — RIGIDITÉ CADAVERIQUE.

Peu de temps après la mort, les muscles deviennent d'une raideur et d'une dureté caractéristiques; ils opposent une très-grande résistance à l'extension et, une fois étendus, reprennent plus leur longueur primitive; leur tonicité a disparu; après leur section transversale, les deux bouts ne s'écartent pas et restent en contact. Leur cohésion a diminué, ils se déchirent facilement; enfin la substance musculaire a perdu sa transparence.

L'époque de l'apparition de la rigidité cadaverique est variable; elle commence d'un quart d'heure à vingt heures après la mort. Sur des lapins soumis à des contractions musculaires excessivement intenses et répétées, je l'ai vue commencer immédiatement après la mort. Sur un soldat du Gros-Caillou, elle s'est montrée pendant que le cœur battait encore. Sa durée est de quelques heures à quelques jours; ordinairement l'apparition tardive coïncide avec une longue durée.

La rigidité cadaverique commence par les muscles de la face, du cou et du cou, elle envahit ensuite successivement les muscles abdominaux, les membres supérieurs, le tronc et les membres inférieurs. Le cœur est atteint aussi par la rigidité cadaverique. Sa disparition se fait dans le même ordre et en général du haut en bas.

ne ressemble que par ses caractères extérieurs à la rigidité véritable proprement dite.

La rigidité musculaire est due à la coagulation de la myofibrille, coagulation qui tient probablement à l'action des principes acides carbonique et lactique, formés dans le muscle et qui sont plus entraînés par la circulation.

Des que la rigidité a cessé, la putrefaction s'empare du muscle.

b. — Tissu musculaire lisse.

Myographie. — Il n'est guère possible d'étudier la contraction musculaire lisse avec les mêmes appareils que pour la contraction striée, car il est rare que les fibres lisses forment des faisceaux applicables au myographe. Comme ordinairement ils entourent des conduits ou des cavités, on mesure en général leur contraction par la pression qu'ils exercent sur les liquides ou sur les gaz contenus dans les conduits, autrement dit à l'aide de manomètres. On peut cependant étudier aussi leurs contractions en adaptant à ces conduits ou à ces cavités des tubes qui transmettent la pression au tambour du polygraphe (Voir : *Laboratoire de physiologie*). Les dispositions de l'appareil sont naturellement suivant l'organe dont on veut étudier la contraction.

La fibre musculaire lisse (fig. 55) est une fibre, de longueur variable (0^m,006 à 0^m,013), effilée à ses deux bouts, constituée par une substance homogène ou finement granuleuse et qui contient, vers sa partie médiane, un noyau en forme de bâtonnet. L'existence d'un sarcolemme y est encore douteuse. D'après Rouget, les fibres lisses sont formées par la juxtaposition de fibrilles très-fines qui, au lieu d'être enroulées en spirale comme celles des



Fig. 55. — Fibre musculaire lisse.

Fig. 55. — A, fibre lisse de la vessie humaine traitée par l'acide acétique.

a, fibres isolées — b, fibres réunies. —

certaine rapidité. Ordinairement, dans les graphiques, la période d'ascension est plus courte que la période de descente (fig. 36). Cette contraction se localise au début au point irrité et se propage ensuite au reste de la fibre lisse, comme on peut le

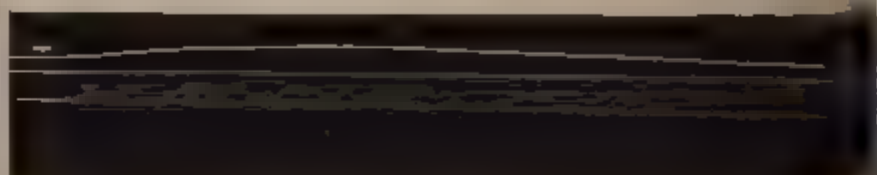


Fig. 36. — Graphiques de la contraction musculaire lisse. (Voir page 253.)

au microscope Robin), mais cette propagation est plus lente pour la fibre striée, d'après W. Engelmann, elle serait de 30 millimètres par seconde, et serait plus rapide dans les fortes que dans les faibles contractions.

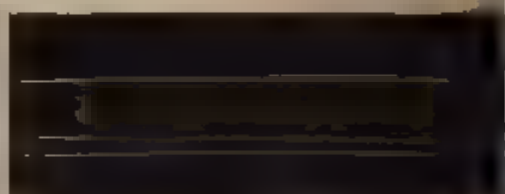


Fig. 37. — Graphiques de la contraction musculaire lisse.

Un caractère particulier des fibres lisses, c'est que l'excitation au lieu de rester localisée à la fibre excitée, se propage directement aux fibres voisines; aussi l'intervention nerveuse n'est plus nécessaire pour généraliser la contraction comme dans les muscles striés, et on peut voir la contraction se propager dans les muscles lisses comme l'uretère, tout à fait dépourvus de plexus nerveux. (W. Engelmann.)

D'après Marey, la contraction musculaire lisse ne se compose pas, comme la contraction musculaire striée, d'une série de secousses musculaires, mais elle se composerait d'une seule secousse dont la durée serait plus ou moins longue. En tous cas, ces muscles peuvent être atteints aussi de tétanos, mais ce tétanos survient progressivement et sans secousses. (Legros et Olié.)

Les mouvements des muscles lisses offrent souvent le caractère

Fig. 36. — Contraction de l'estomac (graphique supérieur) et de la vessie (graphique inférieure) chez le chien (P. Bert). Le trait horizontal indique le moment d'application du stimulus. Un centimètre correspond à 6 secondes.

Fig. 37. — Graphique de la contraction pulmonaire chez le léopard. (P. Bert.) remarque que pour la figure précédente.

rythmique, comme dans les conduits excréteurs de certaines

travail musculaire et l'effet utile des muscles lisses n'ont
évaluées, mais d'après ce qu'on connaît de la force des
contractions utérines dans l'accouchement, ce travail peut être
considérable.

Il n'a pas été fait de recherches spéciales sur la *fatigue* des
muscles lisses; elle se montre chez eux comme dans les muscles
striés et doit y reconnaître les mêmes caractères (V. aussi : *Sensibilité musculaire*).
La rigidité cadaverique atteinte par les muscles lisses se démontre par l'expérience suivante : On met dans un
tube en caoutchouc une anse de muscle lisse prise sur un animal
vivant, l'anse est liée par un bout et l'autre bout qui traverse le bouchon
du tube est plongé dans un récipient d'eau tiède qui monte
à un certain niveau qu'on marque. Quand la rigidité cadavérique s'établit, le liquide
s'élève dans le tube vertical et ne s'abaisse que quand cette rigidité disparaît.

Myographie. — RAMBAUX : *Considérations sur les muscles*, 1834. — ED. WEBER : *Muskelbewegung* dans *Wagner's Handwörterbuch*, t. III, 1846. — Id. *Ueber die Elasticität der Muskeln*. (Arch. de Müller 1858. — F. A. BERNARD : *De l'Élasticité du tissu musculaire*, 1858. — A. W. VOLLMANN : *Muskelcontractilität*, dans *Arch. de Müller* 1858. — BROWN-SEQUARD : *Recherches sur l'irritabilité musculaire*. (Ann. de physiologie, 1859.) — W. KÜHN : *Myologische Untersuchungen*, 1860. — BÉCLARD : *De la Contraction musculaire dans ses rapports avec la température*. (Archives de médecine, 1861.) — RITTER : *Des Propriétés physiques du tissu musculaire*, 1863. — ROCHET : *Mém. sur les tissus contractiles et la contraction*. (J. de physiologie, 1863.) — MAREY : *Du Mouvement dans les fonctions de la vie*, 1863. — W. KROEMER : *Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie*. (Arch. de Pflüger, t. III.) — Voir aussi Cl. BERNARD et les *Traites de physiologie* de LORET, WUNDT, HERMANN, KUSS, etc.

4° PHYSIOLOGIE DU TISSU NERVEUX.

Les éléments nerveux sont de trois ordres : les globules nerveux, les fibres nerveuses et les éléments nerveux périphériques.

Les *globules nerveux* (fig. 58, page 286) sont arrondis ou ovales, de 0^{mm},09 à 0^{mm},022, et possèdent un contenu granuleux, souvent pigmenté, constitué par une masse de protoplasma riche en graisse, et un noyau sphérique, vésiculeux, entouré d'un nucléole. L'existence d'une membrane de cellule est douteuse.

Quelques-unes de ces cellules sont sans prolongement (lules apolaires), mais la plupart présentent un ou plusieurs prolongements (fig. 58) et, suivant leur nombre, ont reçu le



CLR

Fig. 54 Globule nerveux.

cellules uni-, bi-, multipolaires. De ces prolongements, sont ramifiés et se terminent par des fibrilles très-fines; (en general un seul par cellule) sont indivis dans toute leur longueur.

D'après des travaux récents, la cellule nerveuse paraît une structure très-compiquée, mais il y a encore trop d'incertitude sur cette question pour que l'application puisse en être faite à la physiologie.

Les fibres nerveuses ou tubes nerveux sont ou bien des tubes larges à double contour, ou bien des tubes minces à simple contour.

Les tubes nerveux larges, à l'état frais, paraissent tout homogènes; mais par l'action de certains réactifs on leur reconnaît trois parties : une gaine extérieure, élastique, *gaine de Schwann*, une substance intermédiaire, réfringente, *moelle nerveuse* ou *myéline*, et un filament central, *fibre-axe* ou *cylindre-axe*.

Les tubes nerveux minces sont formés par une substance parente analogue au cylindre-axe et dépourvus de moelle nerveuse. La gaine de Schwann y existe dans certains cas.

Il fait doute de neige. En effet, si on excite successivement les points du nerf musculaire *a* et *b* (fig. 59, A page 288), au point *b*, le plus éloigné du muscle, produit une contraction plus forte que celle du point *a*, le plus rapproché (1), et le maximum de contraction correspond au plus d'éloignement, c'est-à-dire au point (1). (E. Pflüger.)

On a vu dans l'acte de transmission du mouvement nerveux

transmission de mouvement;

légagement de mouvement nerveux.

Le mouvement de mouvement est spécial à la substance nerveuse. Les nerfs ne peuvent pas être assimilés à de simples conducteurs ordinaires, comme les conducteurs électriques, et il n'y a pas dans le cordon nerveux une véritable succession de décompositions chimiques, comme dans une trainée de poudre qu'on allume à une de ses extrémités.

En prenant le cas le plus simple, on pourrait réduire l'appareil à un simple cordon nerveux qui réunirait la surface de l'organe moteur (fig. 59, A, page 288). Mais, même aux niveaux les plus inférieurs, il présente une disposition spéciale. Le premier perfectionnement est l'apparition au point du nerf d'un renflement constitué par une accumulation de substance nerveuse, une cellule nerveuse en un mot,

—
qui ne diminue pas cette augmentation d'intensité. D'après lui, plus l'excitation du muscle, plus la secousse musculaire est faible. Il donne à l'organe dans laquelle les arthropodes déterminent d'immobilité

(fig. 59, B, page 288); c'est là la première ébauche de ce qu'on appelle un centre nerveux. Ce centre partage le nerf en deux segments, un segment (4), situé entre la surface sensible (1) et le centre N et auquel on a donné le nom de *nerf sensitif centripète*, et un segment (5) situé entre le centre nerveux et le muscle 2, *nerf centrifuge* ou *moteur*. Le centre nerveux a les mêmes propriétés que le nerf; comme lui il transmet le mouvement, et comme lui aussi il dégage du mouvement; il en dégage beaucoup plus, et à ce point de vue, en comparant le nerf au centre nerveux, on peut dire que le nerf sert à la transmission du mouvement et est spécialement *conducteur*, tandis que la cellule nerveuse sert surtout au dégagement du mouvement nerveux et est essentiellement *productrice*. Les centres nerveux sont donc de véritables réservoirs de force, qui se dégage sous l'influence des excitations transmises par les nerfs sensitifs et se transmet aux muscles et aux autres organes par les nerfs moteurs.

On peut aussi rencontrer, et c'est le cas le plus ordinaire, le trajet du nerf, non plus seulement une seule cellule, mais et plus (fig. 59, C, page 288), l'une en rapport avec le nerf sensitif, *cellule sensitive* S, l'autre en rapport avec le nerf moteur, *cellule motrice* M, et la portion du cordon nerveux intermédiaire entre les deux cellules prendra le nom de *nerf intercentrique intercellulaire* (6).

Mais le perfectionnement ne s'arrête pas là. Entre les organes sensibles et les nerfs sensitifs, entre les muscles et les nerfs moteurs se trouvent des organes particuliers, intermédiaires, *organes nerveux périphériques* (fig. 59, D, 7, 8, page 288) ou moins comparables à des cellules nerveuses et présentant souvent une structure et une conformation toutes spéciales. Ces organes nerveux périphériques se retrouvent dans les yeux (sens), rétine, corpuscules du tact, organe de Corti de l'oreille et dans les plaques terminales des nerfs moteurs et peuvent être considérés comme de véritables *commutateurs* de mouvement. C'est ainsi que les vibrations lumineuses, qui ne peuvent agir sur la substance du nerf optique, agissent sur les cônes et bâtonnets de la rétine, et que le mouvement inconnu qui se passe dans ces petits organes peut alors servir d'excitant pour le mouvement du nerf optique.

Le système nerveux comprend donc trois catégories d'or-

Ces faits physiques trouvent leur application dans la nutrition de la substance nerveuse.

Production de chaleur. — Valentin a constaté une production de chaleur dans le nerf en état d'activité, et Schiff a constaté que la production se fait même quand le nerf est séparé du centre. Cependant, d'après Helmholtz et Heidenhain, elle serait le résultat d'un processus démontré.

Pour les phénomènes électriques du nerf, voir : *Électricité animale*.

B. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES DES NERFS.

Nutrition des nerfs. — La nutrition de la substance nerveuse paraît assez active, moins pourtant que celle de la substance grise. D'après les recherches de Ranvier, les tubes nerveux seraient plongés dans des espaces lymphatiques, et le lymphatique pénétrerait jusqu'au cylindre de l'axe par les glemments circulaires des tubes nerveux dépourvus de myéline. (*Archives de physiologie*, 1874.)

Comme le muscle, la substance nerveuse est le siège d'une véritable respiration, comme on a pu s'en assurer sur des nerfs exsangues de pigeon (Ranke), elle absorbe de l'oxygène et émet de l'acide carbonique. Cette respiration, qui se fait même pendant l'état de repos des nerfs, est plus intense pendant leur activité.

Les produits de désassimilation de la substance nerveuse sont encore incomplètement connus; elle paraît, d'après les recherches de Byasson et de Liebreich, consommer surtout du glucose, l'urée serait alors un de ses principaux produits de désassimilation; cependant Flint, de son côté, regarde la leucine comme le produit spécial de l'activité nerveuse.

La nutrition d'un nerf est sous l'influence de la substance grise de laquelle il prend naissance. A. Waller a montré (page 294) que lorsqu'on sépare un nerf de son centre trophique (substance grise de la moelle pour les racines du ganglion de la racine postérieure pour les racines sensitives), le bout du nerf séparé du centre se désorganise et subit une atrophie graisseuse (fig. 60, A, A, A, page 293). Cette atrophie porte à la fois sur la myéline et le cylindre de

sequement; tant que l'activité nerveuse n'aboutit pas à une contraction musculaire ou à tout autre acte dont la manifestation soit facile à saisir, cette activité reste pour ainsi dire latente; cependant, comme cette activité s'accompagne de phénomènes accessoires particuliers, on peut par l'analyse physiologique et l'abstraction faite de toute manifestation étrangère au nerf (même contraction, sécrétion, etc.), reconnaître si un nerf est en état d'activité. Le plus important de ces phénomènes est la *variation négative* (voir: *Electricité animale*) que présente comme le muscle, pendant son état d'activité, l'indice à l'avantage de s'appliquer aussi bien aux nerfs sensitifs qu'aux nerfs moteurs et permet d'étudier, dans les deux cas, les caractères de l'excitabilité et de l'activité nerveuses.

L'excitabilité nerveuse a pour condition essentielle l'intégrité du nerf; pour qu'elle subsiste et reste normale, il faut que la nutrition et la circulation du nerf se fassent régulièrement; même dans ces conditions, elle présente un caractère permanent de mobilité et de variabilité continues. En état permanent d'instabilité, il suffit des plus faibles conditions pour varier d'intensité, et des plus légères excitations pour la mettre en jeu.

Des alternatives régulières de repos et d'activité peuvent favoriser le mieux le maintien de l'excitabilité nerveuse; un repos prolongé peut la diminuer et même l'abolir en produisant une atrophie et une dégénérescence du nerf; une activité excessive et prolongée l'abolit aussi en produisant la fatigue; un accroissement de température l'augmente jusqu'à un certain point, à partir duquel elle diminue pour disparaître totalement quand la chaleur est poussée au point de désorganiser le nerf; une température de 40° à 45° sur les nerfs musculaires d'une grenouille amène une crampe tétanique. Le froid, au contraire, diminue l'excitabilité. L'arrêt de la circulation l'abolit complètement; quand on lie l'artère d'un membre, les excitations appliquées sur les nerfs sensitifs et sur les nerfs moteurs du membre ne produisent aucun effet.

La dessiccation, bornée dans de certaines limites, ne diminue pas l'excitabilité; si on place le nerf d'un muscle dans une solution aqueuse de présence de l'acide sulfurique concentré dans de l'air très

nerf que sur le muscle. Ces excitants se divisent en mécaniques (pression, tiraillement, déchirure, section, etc.), physiques (température, électricité, chimiques, alcalis, sels métalliques, bile, acides biliaires, etc.). Ces excitants agissent soit en soutirant de l'eau au nerf (solutions salines très concentrées, soit en désorganisant la substance nerveuse (dans ce cas, l'excitation s'arrête immédiatement), soit par une action spéciale encore inconnue.

Quand les excitations se répètent et se succèdent avec une certaine rapidité, le nerf entre dans un état particulier traduit dans les nerfs moteurs par un tétanos musculaire suivant la nature de l'excitant nerveux, on aura un tétanos mécanique, électrique, etc.

Pour obtenir le tétanos mécanique, Heidenhain s'est servi d'un instrument qu'il appelle *tetanomoteur*, il consiste essentiellement en un petit marteau mis en mouvement par une dentée au moyen d'une manivelle et qui frappe plus ou moins fréquemment sur le nerf, suivant la vitesse de rotation. On peut arriver au même résultat en se servant d'un son vibrant dont une des branches vient frapper le nerf pendant la vibration.

Des excitations persistantes peuvent aussi produire le tétanos. Ainsi, la chaleur, certains agents chimiques (bile, strychnine), appliqués sur un nerf moteur, produisent le tétanos musculaire.

L'activité nerveuse n'est jamais continue. Elle se compose d'une succession de périodes très-courtes d'activité (ou de périodes très-courtes de repos, de même que la contraction musculaire est la somme d'une série de contractions partielles).

4. - CONDUCTIBILITÉ NERVEUSE.

La conductibilité nerveuse a pour conditions indispensables l'intégrité et la continuité du nerf; tout ce qui altère la continuité du nerf et le désorganise arrête la transmission (section du nerf, etc.).

Cette transmission offre les caractères suivants :

1° Elle est restreinte à la fibre nerveuse excitée et ne se transmet pas aux fibres voisines; la moelle nerveuse a été

produira une contraction du muscle; l'excitation centripète arrivant en (1) déterminera une excitation de ce centre moteur et l'excitation se transmettra alors de (1) en (2) dans toute la longueur du nerf et dans la direction centrifuge. Le muscle sera donc excité par deux excitations successives, mais comme la vitesse de la transmission nerveuse est très-grande, ainsi qu'on le verra plus loin, ces deux excitations se suivent à un si petit intervalle qu'il n'y a qu'une contraction musculaire unique au lieu de deux. Le même raisonnement peut s'appliquer au nerf sensitif.

Les faits suivants prouvent que la transmission nerveuse se fait dans les deux sens :

a) Quand on excite un nerf en (3) (*fig. 62*, page 297), les phénomènes de la variation négative (voir : *Électricité animale*) montrent dans les deux bouts du nerf ;

b) L'expérience du paradoxe de contraction indiquée plus haut ;

c) L'identité de structure et de composition des deux extrémités de nerfs rend probable l'identité de fonctions ;

d) Si (*fig. 63*) on sectionne un nerf sensitif, S, et un

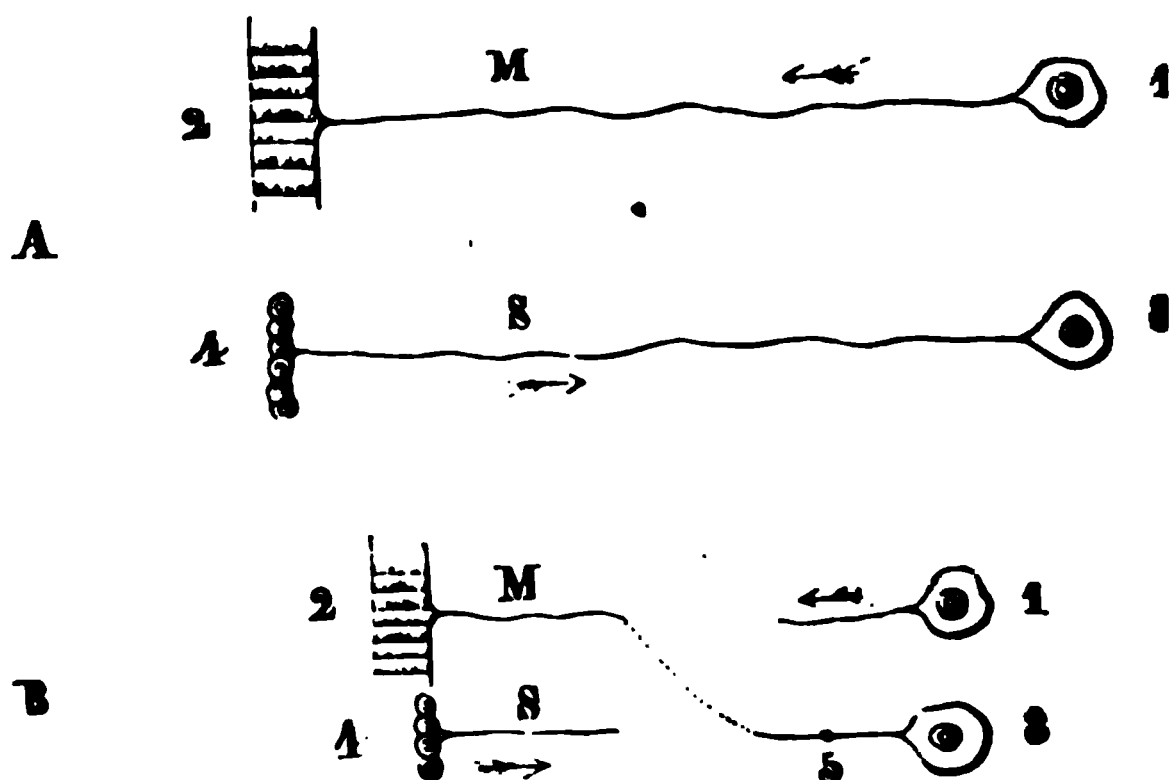


Fig. 63. — Réunion d'un nerf sensitif et d'un nerf moteur.

nerf moteur, M, le lingual et l'hypoglosse par exemple, et réunisse le bout central du lingual au bout périphérique de l'hypoglosse (*fig. 63, B*), au bout d'un certain temps la cicatrice se produit. Si on excite alors le bout central (5) du lingual on a à la fois des signes de douleur et des contractions des muscles de la langue. (Vulpian.) Cependant, d'après de nou-

l'excitation du nerf et de la contraction du muscle sont enregistrees à l'aide du myographe sur des cylindres (ou des plaques) animés d'une vitesse connue. (Voir, pour les détails : Marey, *Du Mouvement et des fonctions de la vie*, p. 411 et suivantes.) Baxt a mesuré sur l'homme la vitesse de la transmission motrice à l'aide de la pince myographique de Marey; le nerf radial était excité en deux points différents de la main.

2° *Nerfs sensitifs*. — Marey a cherché à déterminer la vitesse de la transmission sensitive chez la grenouille en utilisant, comme pour les mouvements réflexes de l'animal, mais habituellement on l'a fait sur l'homme même et de la façon suivante. On détermine une vitesse motrice (par une décharge électrique, par exemple) en excitant un point du nerf, et l'individu en expérience fait un signal dès qu'il a perçu la sensation; le moment de l'excitation et le signal sont inscrits sur un chronomètre; l'intervalle est mesuré par une des méthodes indiquées plus haut. On recommence alors l'expérience en excitant un point plus éloigné du centre nerveux; la différence des deux mesures donne la vitesse de la transmission sensitive; on suppose, dans ce cas, que, dans les expériences successives, la durée de l'acte cérébral (perception de la sensation et volonté du mouvement qui sert de signal, la transmission motrice et le mouvement lui-même ont eu la même durée; que la transmission nerveuse sensitive a seule varié. Mais, sous l'exercice et l'attention, il n'en est pas toujours ainsi, aussi les chiffres obtenus ne sont pas toujours les mêmes, ce qui n'est pas étonnant que les différents expérimentateurs soient arrivés à des chiffres très-variables, depuis 26 jusqu'à 91 mètres par seconde; pendant, la moyenne paraît être aussi de 30 à 35 mètres par seconde. Hirsch, etc., par conséquent à peu près la même que celle des nerfs moteurs.

Fatigue des nerfs. — Comme pour le muscle, la fatigue se traduit pour les nerfs par une acidité plus grande et une diminution d'excitabilité. Il résulte de cette dernière diminution que le nerf fatigué ne peut entrer en activité que si on augmente l'intensité de l'excitation ou si on change la nature de l'excitation. Un nerf fatigué par des excitations électriques et qui ne peut plus à ces excitations pourrir entrer encore en activité peut être réactivé par certains agents chimiques.

b. — Physiologie générale des cellules nerveuses.

La substance grise se présente sous deux formes principales : celle de masses agglomérées, comme dans le centre

spinal (moelle et encéphale), ou bien celle de petites isolées ou ganglions, comme dans le grand sympathique qu'elle soit agglomérée ou disséminée, ses propriétés essentielles n'en sont pas changées et dépendent toutes des cellules nerveuses qui en constituent la partie la plus importante.

Propriétés physiques et chimiques de la substance grise. Les propriétés sont très près identiques à celles de la substance blanche, et il faut donc qu'à renvoyer au paragraphe précédent; une chose est à noter: la plus grande proportion d'eau de la substance grise, ce qui est en rapport avec la vascularité plus intense et la vitalité plus active de la substance.

A. — EXCITABILITÉ DE LA SUBSTANCE GRISE.

L'absence d'une excitation préalable est aussi nécessaire pour la substance grise que pour la fibre nerveuse. A l'état physiologique, ce sont les excitations nerveuses qui mettent en jeu la substance grise, excitations provenant de la périphérie et transmises par les nerfs sensitifs, excitations provenant d'autres cellules nerveuses et transmises par les nerfs intercellulaires; ainsi, un nerf sensitif entrera en activité par suite d'une vibration portée sur la rétine et transmise (comme modification inconnue) par le nerf optique; un centre nerveux entrera en activité par suite d'une excitation qui pourra provenir soit d'un centre nerveux sensitif, comme dans les mouvements réflexes, soit d'un centre psychique, comme dans les mouvements volontaires.

Même ces excitations physiologiques habituelles, pour la substance grise, il en est de plus obscures et moins fréquentes; tels sont, par exemple, un afflux sanguin plus considérable (qui peut déterminer des convulsions par excitation directe d'un centre), l'état même du sang et la présence dans ce sang de substances particulières excitantes soit par leur nature comme certains poisons, soit simplement par leur excès, comme l'acide carbonique dans l'asphyxie.

Enfin, par cet exposé, que nous rejetons tout à fait, pour la

cellule nerveuse comme du reste pour tous les autres éléments, l'automatisme spontané admis par beaucoup d'auteurs (¹).

Quant à savoir si l'excitabilité des cellules nerveuses est influencée par les excitations expérimentales directes, chimiques, physiques, électriques, etc., c'est une question de haute importance en physiologie nerveuse, mais qui sera traitée plus loin à propos des centres nerveux. (Voir : *Excitabilité de la moelle et de l'encéphale.*)

B. — DE L'ACTIVITÉ DES CELLULES NERVEUSES.

L'activité des cellules nerveuses a deux formes essentielles : la conductibilité ou la transmission du mouvement et le dégagement de mouvement.

La *conductibilité nerveuse*, quoique plus spécialement attribuée à la substance blanche, existe aussi dans la substance grise. On sectionne tous les cordons blancs de la moelle, en respectant la substance grise, la transmission nerveuse, quoique affaiblie, continue encore à se faire; elle paraît seulement plus lente et plus diffuse.

Le *dégagement de mouvement nerveux* est la propriété la plus importante des cellules nerveuses; chaque cellule représente un véritable réservoir de mouvement, et on peut donner le nom de *décharge nerveuse* (qui ne préjuge rien) au dégagement de mouvement moléculaire, encore inconnu dans son essence.

Le premier caractère de cette décharge nerveuse, c'est son *instantanéité*. Elle n'a qu'une durée très-courte, inappréciable aussi quand l'activité de la cellule nerveuse doit durer un certain temps, la décharge nerveuse, au lieu d'être continue, est *intermittente* et consiste alors en une série de décharges saccadées, très-brèves, séparées par des intervalles de repos. On a vu plus haut que la contraction musculaire se compose d'une succession de secousses qui correspondent à autant d'ex-

(¹) L'*automatisme spontané* que Luys attribue aux éléments ne paraît une expression impropre, car l'auteur lui-même a bien soin de dire que cet automatisme se présente « soit sous l'influence d'incitation de cellules ambiantes, soit sous l'influence des incitations d'origine périphérique », ce qui assurément n'a rien de spontané. (Luys : *Sur le système nerveux*, page 271.)

du centre moteur ou à autant de décharges nerveuses; à l'état normal, ces décharges, et par suite les secousses, se succèdent avec assez de rapidité pour que les secousses se fusionnent en une contraction totale unique; quand, au contraire, le centre nerveux moteur, par suite d'altérations dues soit à l'âge, soit à d'autres causes, ne peut plus envoyer assez rapidement les décharges nerveuses successives, les secousses musculaires correspondant à chaque décharge sont trop espacées pour que leur fusion s'opère, chacune d'elles produit à part et se termine et il en résulte, au lieu de contractions partielles alcoolique.

Dans les centres nerveux comme l'intermittence se présente aussi, un nombre d'actions nerveuses. Elle prend même très-fortement le cœur, la respiration, etc., caractère rythmique d'autant plus marqué que le fonctionnement nerveux est plus régulier.

Cette intermittence et ce rythme, si fréquents dans les actions nerveuses, peuvent se comprendre jusqu'à un certain point si on les rapporte au mode d'action de la plupart des excitants qui agissent sur la substance nerveuse. Les excitations des deux sens les plus importants, avec le toucher, la vue et l'ouïe, ne sont autre chose que des vibrations, vibrations lumineuses, vibrations sonores, d'un caractère essentiellement rythmique; il en est de même des impressions de température et peut-être des impressions tactiles; le retour régulier du jour et de la nuit, peut-être aussi celui des différentes saisons, font revenir périodiquement certaines forces de chaleur, de lumière, etc., qui ont probablement un corrélatif dans les centres nerveux et il n'y a rien d'étonnant à ce que des excitations périodiques, à force d'agir sur la substance nerveuse, finissent à la longue par imprimer à son activité un caractère particulier d'intermittence et de périodicité.

La quantité de mouvement dégagée dans un centre nerveux par une activité ou l'intensité de la décharge nerveuse varie suivant diverses conditions encore incomplètement connues. En général, elle augmente avec l'intensité de l'excitant: une faible excitation d'un centre moteur déterminera de faibles mouvements; une

forte, des convulsions intenses. Le mode d'excitation ou de l'excitant paraît jouer aussi un rôle important, mais indetermine.

Un caractère essentiel de l'activité des centres nerveux, qu'une modification nerveuse fréquemment répétée se reproduit de plus en plus facilement et tend à se reproduire pour la plus faible excitation. Le centre nerveux paraît acquiescer, par une sorte d'état d'équilibre instable, grâce auquel il s'active sous la plus légère impulsion. Si c'est un centre moteur, le mouvement devient, comme on dit, *machinal* : est quelque temps sans se produire, il survient dans le centre nerveux une véritable tendance à le reproduire, tendance s'accompagne d'un certain malaise si elle n'est pas satisfaite. Il en est de même pour les centres nerveux sensitifs, quand l'impression habituelle cesse d'agir, la cessation de l'excitation amène une sorte de sentiment mal défini qui correspond à un *désir* ou un *besoin*.

La nature de la décharge nerveuse nous est complètement inconnue dans son essence. Mais, quelle que soit sa nature, la décharge nerveuse peut présenter deux caractères différents : *perçue* ou *non perçue*, et les modifications des centres nerveux peuvent, à ce point de vue, se diviser en deux groupes : *modifications conscientes* et *modifications inconscientes*. Cette distinction, quelque légitime qu'elle paraisse au premier abord, est loin d'être absolue.

On trouve, en effet, un grand nombre d'actions nerveuses d'abord conscientes, deviennent ensuite inconscientes. L'enfant commence à marcher, chaque mouvement est volontaire et il a parfaitement conscience de chacun des essais qu'il fait pour avancer en conservant son équilibre; puis, peu à peu, le tâtonnement des premiers pas disparaît, les mouvements deviennent cherchés et hésitants, deviennent automatiques et inconscients. La marche se fait enfin sans effort et sans qu'il y pense. On présente un exemple encore plus frappant de cette transition d'actions, d'abord conscientes, en actions inconscientes : c'est de même chez l'adulte (pianiste, violoniste, etc.)

Deux hypothèses peuvent être faites pour expliquer les phénomènes précédents :

une partie de l'excitation prend la voie indirecte, arrive au centre B et l'action nerveuse redevient de nouveau consciente comme au début.

2° Ou bien toutes les actions nerveuses sont primitivement conscientes et deviennent inconscientes par la répétition et l'habitude.

Quelque paradoxale que puisse paraître cette hypothèse d'habitude, étrange que semble, au premier abord, cette influence de l'habitude, elle n'a rien que de compatible avec les phénomènes d'habitude. Ainsi, il y a dans le champ visuel toute une région correspondant au *punctum cæcum* de la rétine voir : *Vision*, qui ne nous donne aucune sensation visuelle, cependant nous ne nous apercevons pas de cette lacune et même, pour l'apercevoir, il faut nous placer dans des circonstances toutes spéciales.

Dans cette hypothèse, il n'est plus besoin d'admettre des centres conscients spéciaux et la voie indirecte n'a plus lieu d'exister. (Fig. 64, page 305.) Dans ce cas, le fait de conscience ou non d'une action dépendrait simplement de la durée de la transmission à travers le centre B. Si, comme pour des actions encore peu fréquentes, la transmission à travers B a une certaine durée, il y aurait conscience ; si, au contraire, elle n'existerait plus au contraire quand le centre B ayant été déjà traversé par de nombreuses transmissions antérieures, cette transmission se fait avec une trop grande rapidité. On comprendrait alors comment les actions nerveuses, comme celles de la vie organique, les mouvements du cœur, etc. qui se répètent continuellement dès les premiers instants de l'existence, deviennent rapidement inconscientes, surtout à la fin de la vie. La part de l'hérédité, grâce à laquelle une action nerveuse, primitivement consciente et volontaire, peut devenir, par la répétition, inconsciente, a l'organisation qu'elle devient héréditaire comme celle de la vie se retrouve plus chez les descendants, au bout d'une longue série d'années, qu'à l'état d'action nerveuse inconsciente et automatique. Ce qui semble parler en faveur de cette hypothèse, c'est que les actions qui, chez les vertébrés, n'agissent que comme centres nerveux conscients, paraissent agir chez certains animaux inférieurs comme centres de sensations et de mouvements volontaires, puis, à mesure qu'on avance dans la série, la conscience se réfugie dans des centres ganglionnaires de plus en plus distincts pour se localiser enfin, chez l'homme et les mammifères, dans l'encéphale. Cependant, même chez les vertébrés inférieurs, il peut-être encore une sorte de conscience rudimentaire dans les centres inférieurs de l'axe nerveux, ainsi dans la moelle de la grenouille, dans la *Moelle épinière*.

Cette hypothèse permet de comprendre ce fait, si connu et si inexplicable dans toute autre théorie que les actions nerveuses, inconscientes à l'état normal, peuvent devenir conscientes à l'état pathologique : il suffit en effet d'un retard dans la transmission à travers le centre B pour que le centre nerveux, étant plus fortement excité, ait conscience de cette excitation qui, à l'état ordinaire, passe inaperçue.

catégorie d'agents extérieurs ne restât pas sans connexions avec l'organisme.

Il y a donc, à ce point de vue, une distinction essentielle entre l'activité des nerfs et celle des organes nerveux périphériques. Les derniers sont organisés spécialement pour réagir en réponse à un excitant déterminé, lumière, vibration auditive, etc. On donne le nom d'excitant *homologue*, et on réserve le nom d'excitants *hétérologues* à tous ceux qui agissent indifféremment sur tous les nerfs ordinaires, comme les actions mécaniques ou chimiques.

La présence des organes nerveux périphériques détermine le mode d'activité spéciale des centres nerveux sensitifs et on ce qu'on appelle encore l'*énergie spécifique* du centre. Un centre nerveux moteur n'est moteur que parce qu'il est en relation, par un nerf, avec une plaque motrice terminée sur un muscle; un centre nerveux sensitif n'est sensitif que parce qu'une fibre nerveuse le rattache à une surface impressionnable ou à un organe sensitif périphérique (rétine, muqueuse, etc.).

d. — Phénomènes généraux de l'innervation

Les phénomènes généraux de l'innervation peuvent être ramenés à cinq chefs principaux : 1° impressions et sensations; 2° actions réflexes; 3° actes instinctifs; 4° actes psychiques; 5° actions nerveuses d'arrêt.

A. — IMPRESSIONS ET SENSATIONS.

Les impressions peuvent être perçues ou non perçues. Dans le premier cas, elles ont reçu le nom de sensations, et l'on réserve le nom d'impressions proprement dites pour celles qui ne sont pas accompagnées de perception.

Les impressions ne peuvent exister qu'à la condition d'une excitation périphérique qui les détermine soit transmise par un nerf à un centre nerveux; aussi l'on ne donnera pas le nom d'impression à l'excitation qui portera directement sur la cellule épithéliale, par exemple, et déterminera une multi-

aire, et cette excitation reste localisée à la cellule excitée. Les impressions sont-elles toujours suivies d'une action, et nous ne pouvons conclure à une impression que par un réflexe consécutif qui, en l'absence de la conscience, nous fait intervenir du système nerveux.

Les impressions appartiennent surtout, mais pas exclusivement, au règne organique et végétative. Ainsi le contact des aliments avec la muqueuse de l'estomac, qui provoque une sécrétion de suc gastrique, est un phénomène de ce genre.

Les impressions conscientes ou inconscientes ont leur point de départ tantôt dans des excitations matérielles, tantôt dans une émotion, une sensation.

Les sensations ont leur point de départ dans des excitations matérielles, sensations propres, sensations des centres nerveux.

Les sensations peuvent être extérieures, comme les sensations de la vue, du toucher, etc., ou intérieures, comme les sensations de faim et de soif. Tandis que les sensations extérieures sont généralement localisées, les sensations internes au contraire ont un caractère beaucoup plus vague et plus indéterminé.

Les émotions (crainte, colère, etc.) sont des sensations de nature complexe, mettant probablement en jeu un grand nombre de centres d'impression et de centres psychiques. Les émotions sont caractérisées par leur indétermination dans le temps et l'espace.

B. — ACTIONS RÉFLEXES.

Les actions réflexes peuvent être motrices ou sécrétoires et peuvent être aussi nutritives ou trophiques.

Mouvements réflexes. — Le mouvement réflexe, réduit à son expression la plus simple, se compose de trois phases suc-



63. — Arc nerveux simple.

cessives : 1° l'excitation initiale d'un nerf sensitif; 2° l'excitation d'un centre nerveux intermédiaire, centre réflexe; 3° l'excitation d'un nerf moteur et le mouvement réflexe qui l'accompagne.

Par exemple (fig. 65), l'arc nerveux simple ou excitomoteur, A, B, C, qui n'est que la reproduction sous une autre forme

de l'appareil nerveux B de la figure 59; l'excitation initiale produite en (1), transmise par le nerf sensitif jusqu'au centre B, passe dans le nerf moteur C et arrive jusqu'à la terminale de la fibre musculaire (2) qui se contracte. On parle, dans ce cas, d'excitation à un rayon lumineux et le nerf à un miroir qui réfléchirait l'excitation de A en B, le nom d'action réflexe. Mais la comparaison pêche en ce qu'il n'y a pas en B simple transmission, mais qu'il y a, comme on l'a vu plus haut, dégagement de mouvement, mouvement oublié complètement dans la dénomination d'action réflexe.

Toujours, ou presque toujours, le centre réflexe se compose de deux cellules nerveuses (ou deux groupes de cellules nerveuses), l'une sensitive, l'autre motrice, réunies par une fibre interne ou intercellulaire (fig. 66); mais, pour l'étude des phénomènes

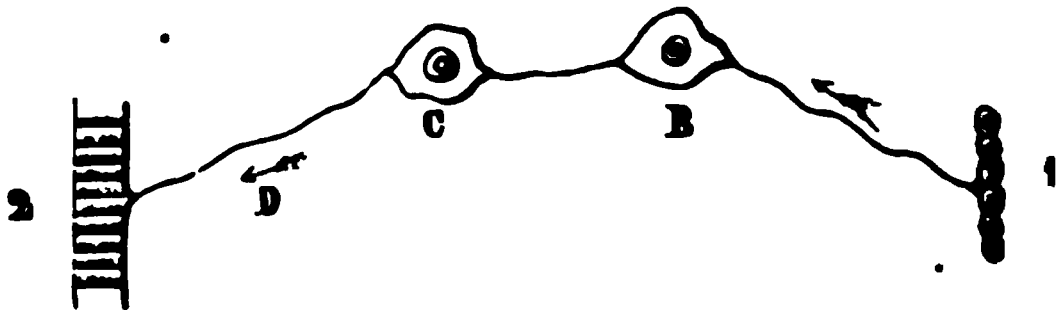


Fig. 66. — Arc réflexe double.

réflexes, on peut faire abstraction de ces deux catégories de cellules et considérer le centre réflexe comme un centre.

Les trois phases de l'action réflexe présentent les caractéristiques suivantes :

1° L'excitation initiale peut partir indifféremment de nerfs sensitifs, tant des nerfs des sens spéciaux que des nerfs intérieurs du corps; mais certains nerfs déterminent plus particulièrement les réflexes que d'autres; ainsi, pour les nerfs de la plante du pied, de la paume de la main, etc., produisent des réflexes plus intenses, et il en est de même pour les muqueuses.

La nature et la qualité de l'excitation ont aussi de l'influence sur la production des réflexes; la titillation du conduit auditif produit la toux, tandis que le contact simple ne produit rien. D'une façon générale, il y a une correspondance parfaite entre le mode d'excitation et le réflexe produit.

Le mouvement réflexe peut se montrer, non-seulement quand on excite la périphérie du nerf, mais encore quand on excite le centre.

3° Les mouvements réflexes, troisième phase de l'ac flexe, ont pour caractère essentiel d'être nécessaires et d

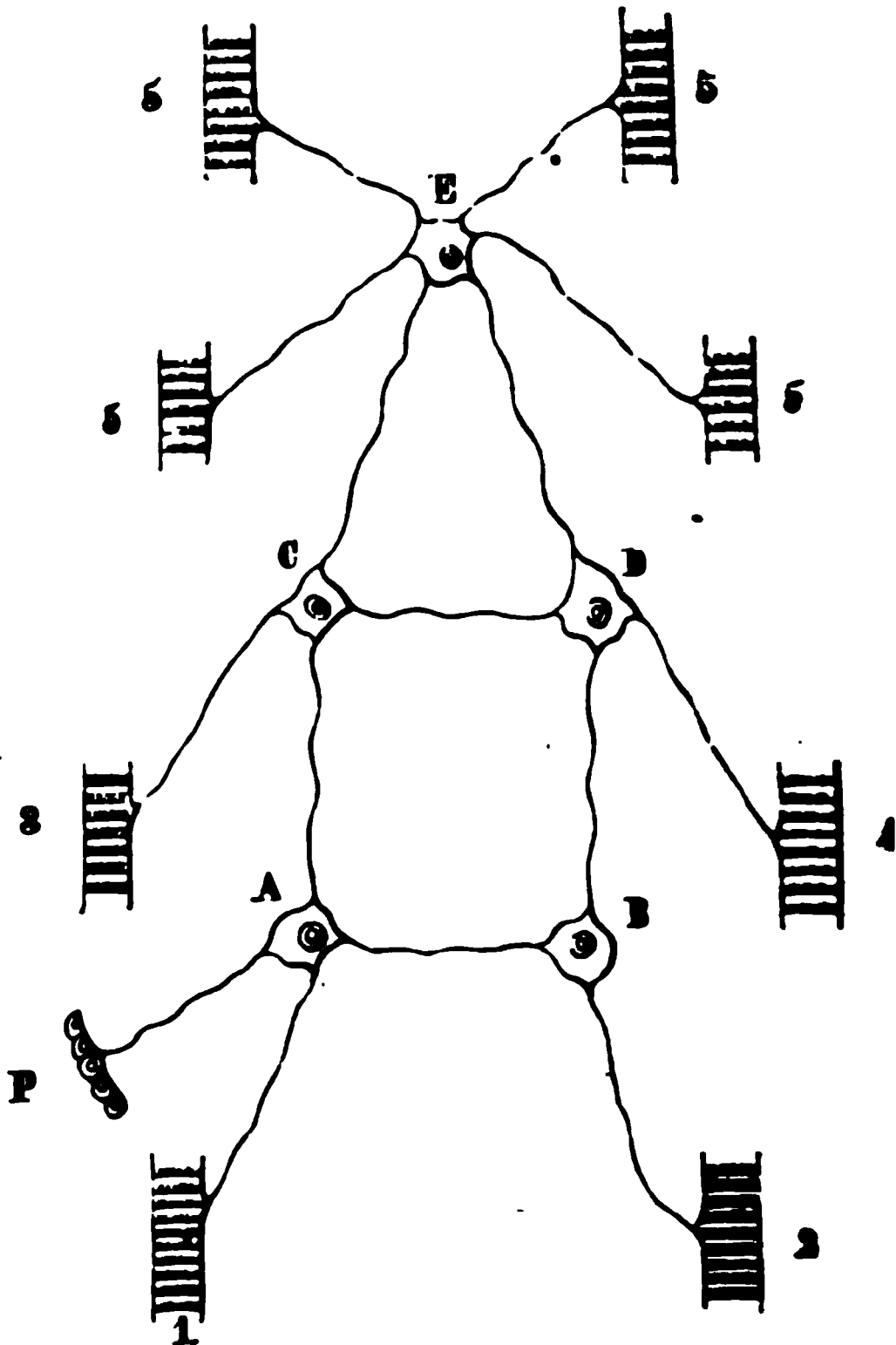


Fig. 67. — Loi des réflexes. (Voir page 313.)

immédiatement l'excitation initiale ; étant nécessaires, ils être et sont par cela même tout à fait involontaires.

Ces mouvements peuvent se passer dans tous les muscles bien dans les muscles lisses que dans les muscles striés, muscles viscéraux que dans les muscles du squelette.

Quand ces mouvements portent non plus sur un seul ou groupe de muscles, mais sur plusieurs muscles ou de muscles, on a des mouvements réflexes composés, ainsi constitués par l'ensemble de plusieurs réflexes si

de la patte P, l'excitation se transmet au centre A et de
muscles (1) de la patte du même côté *loi de l'inductio-*
si l'excitation est plus intense, elle se transmet jusqu'au
symétrique du côté opposé B, et on a des contractions,
moins fortes, dans les muscles symétriques (2) de la
patte (*loi de la symétrie*); si l'excitation augmente, elle
monte aux centres réflexes situés plus haut, C puis D, et on a des
contractions dans les muscles antérieurs du même côté (3)
et dans ceux du côté opposé (4) ensuite (*loi de l'ir-*
radiation); enfin l'excitation, augmentant toujours d'intensité,
monte au centre réflexe E (bulbe), qui commande à peu
près tous les mouvements du corps, et on a des convulsions
généralisées (*loi de la généralisation des réflexes*).

Les autres réflexes se superposent et s'échelonnent en com-
mandant des groupes de muscles de plus en plus étendus.
(page 314). La cellule (1) commande, par exemple, la
contraction du muscle M. Les trois premiers muscles, à gauche
d'abord, seront sous la dépendance d'une cellule supé-
rieure, de façon que quand cette cellule sera excitée, ils se
contracteront tous ensemble, tandis que si ce sont les cellules (1),
ils se contracteront isolément. La cellule (3) à son tour com-
mande d'autres groupes de muscles et par conséquent un mouve-
ment plus complexe; ainsi, si les cellules (2) président à la
flexion de la jambe, la seconde cellule (3) qui les commande
présidera aux mouvements de flexion de la cuisse, la troisième
cellule (4) qui les commande présidera aux mouvements de flexion
de la hanche, et ainsi de suite. La cellule (5) qui les commande
présidera à toutes les deux tiendra sous sa direction ces deux

dire pour tous les mouvements réflexes composés, quelque plexes qu'ils soient, et il suffira d'une excitation initiale p

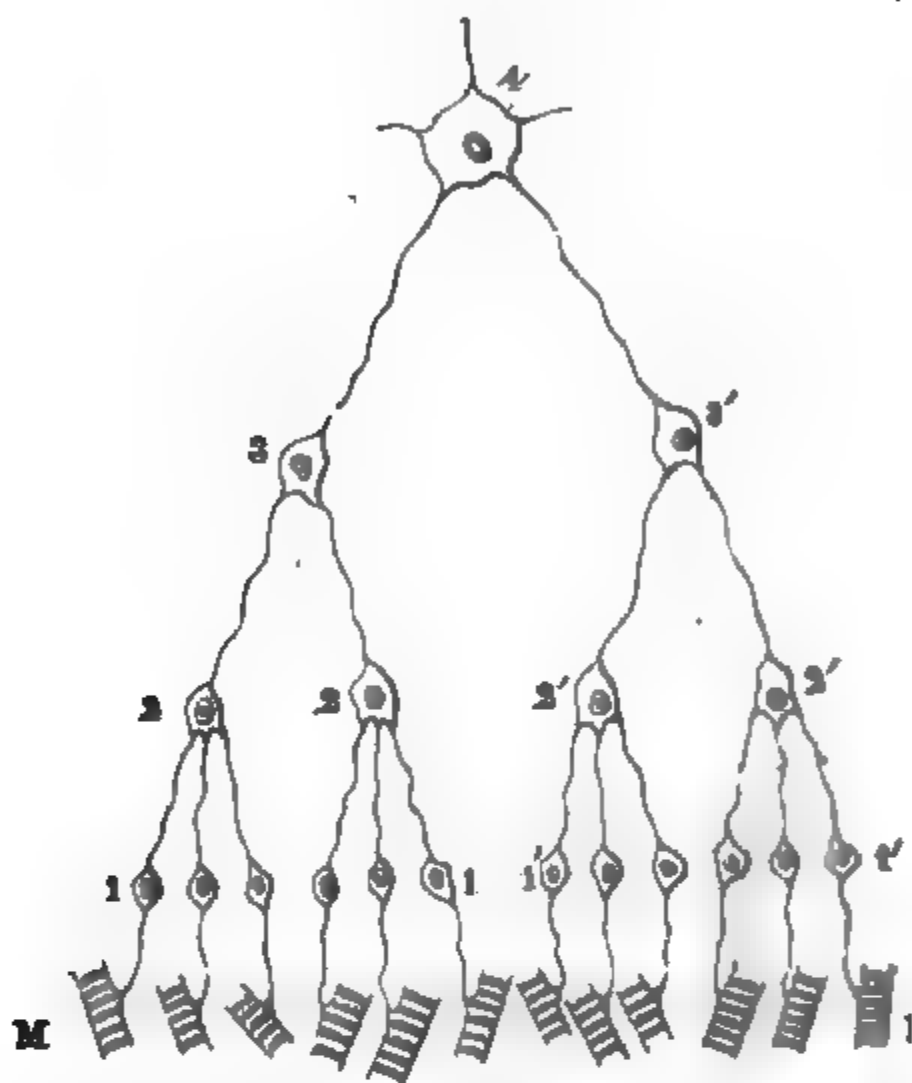


Fig. 68. — Superposition des centres réflexes. (Voir page 313.)

de la périphérie et agissant sur le centre supérieur unique que tout l'ensemble correspondant des mouvements réflexes produise, sans que la volonté intervienne, comme tous les ré d'une horloge qu'on vient de monter se mettent immédiat en mouvement.

Il n'est pas toujours facile de déterminer l'excitation i qui a été le point de départ du mouvement réflexe co Dans certains cas, l'éternument, la toux, par exemple, le de départ est parfaitement net, mais dans d'autres il e difficile d'en préciser le siège.

Il y a, sous ce rapport, une certaine différence entre l flexes simples et les réflexes composés; tandis que da

simples l'excitation initiale part toujours d'un nerf périphérique; dans les réflexes composés, l'excitation initiale peut partir d'un autre centre nerveux, centre nerveux psychique, comme l'idée d'odeur désagréable détermine les mouvements de fuite, ou quand l'ennui détermine le bâillement; mais que qu'elle parte de la périphérie ou d'un centre nerveux, la nature même de l'action réflexe n'en est pas modifiée et le phénomène prouve seulement qu'un centre nerveux peut être tour à tour récepteur et excitateur par rapport à d'autres centres nerveux. Les mouvements réflexes composés comprennent, les uns innés, comme le téter chez le nouveau-né, les autres acquis par l'habitude, comme la marche. Ces derniers sont d'abord volontaires, mais avec la répétition qu'ils deviennent machinaux et automatiques. Ces automatismes de mouvements, d'abord volontaires et conscients, se heurtent évidemment à un perfectionnement dans l'organisation et à des modifications spécifiques (encore inconnues) dans la structure des centres réflexes sont chargés, modifications qui facilitent l'exécution de ces mouvements. Cette organisation pourra devenir héréditaire d'une génération à l'autre et avec elle l'aptitude à ces mouvements en résultera que, de même que dans la vie de l'individu, les mouvements, d'abord volontaires, deviennent machinaux par la répétition; de même, dans la vie de l'espèce, des mouvements volontaires chez les parents deviendront machinaux et automatiques chez leurs descendants. C'est là la seule explication possible du perfectionnement successif des espèces, et la réalité en est prouvée par l'hérédité de certains caractères et de certaines aptitudes dans une famille.

Mouvements dits automatiques. — Comme les mouvements simples, les mouvements respiratoires, etc., ne sont pas autre chose que des mouvements réflexes composés, souvent rythmiques, dans lesquels il est souvent difficile de préciser le mode de localisation de l'excitation initiale.

Actions réflexes. — Les surfaces périphériques sensibles peuvent être rattachées non-seulement avec des muscles, mais encore avec des surfaces glandulaires (fig. 69, A, B, E, D, F, page 316). Dans ce cas, l'excitation initiale pourra se transmettre soit au muscle (1) et produire une contraction, soit à la glande (3) et il en résultera une sécrétion.

Toutes ou presque toutes les sécrétions sont sous l'influence de l'innervation, et le mécanisme ressemble tout à fait à

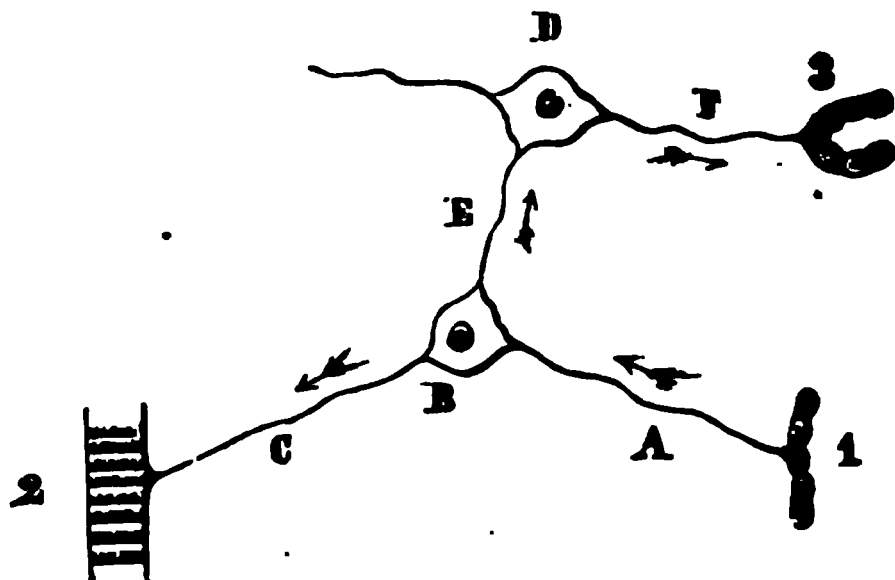


Fig. 69. — Sécrétion réflexe. (Voir page 315.)

réflexe dans lequel l'acte terminal serait une sécrétion d'être un mouvement. Ainsi, le contact du vinaigre sur la queue linguale détermine un écoulement de salive.

L'excitation initiale qui détermine les sécrétions réflexes peut être, tantôt périphérique, comme dans l'exemple cité précédemment, tantôt centrale, comme lorsque l'idée d'un repas fait venir l'expression vulgaire, l'eau à la bouche ; et si, d'après les sécrétions dont on peut facilement constater les caractères, les deux modes d'excitation initiale se montrent pour toutes les sécrétions.

C. — ACTES INSTINCTIFS.

Les actes instinctifs ne sont en réalité que des actes réflexes un peu plus compliqués, ou plutôt un ensemble d'actes automatiques coordonnés pour un but déterminé. Il n'y a pas, et il ne peut y avoir de limite précise entre les actes automatiques et les actes instinctifs ; il n'y a qu'une différence de degré. L'instinct n'est qu'un phénomène réflexe d'un ordre plus complexe que les réflexes ordinaires, mais cette complication n'est quelquefois, la coordination des actes est si prononcée que l'instinct touche presque aux actes psychiques ; telles sont la construction des oiseaux et la plupart des phénomènes de certains insectes, abeilles, fourmis, etc.

L'excitation initiale qui détermine les actes instinctifs

1° L'activité des cellules nerveuses psychiques est consciente. Cependant cette assertion est loin d'être absolue, et il y a tout d'abord des actes d'abord conscients et qui sont devenus inconscients. Il est probable, du reste, sinon démontré, que par la vertu de l'habitude et de la multiplicité simultanée des impressions psychiques, ceux-là seuls sont perçus et connus qui dépassent les autres par leur intensité ou par quelque caractère particulier. Dans ce cas, la loi formulée plus haut se résume et s'énonce dans les termes suivants : L'activité des cellules nerveuses psychiques est consciente quand elle atteint une certaine intensité.

2° Les cellules nerveuses psychiques ont la propriété de conserver un certain temps la modification produite dans leur état par les excitations qui agissent sur elles ; ainsi les impressions persistent quelque temps avant de s'effacer, et l'on peut comparer ingénieusement ce phénomène à la phosphorescence des corps inorganiques ou mieux encore à cet emmagasinement de la lumière observé par Niepce de Saint-Victor sur des plaques exposées aux rayons solaires et qui, après être restées quatre heures dans l'obscurité, impressionnent encore une pellicule sensibilisée. Cette propriété, appelée *retentissement* par les psychologues, existe non-seulement pour les impressions, mais pour les mouvements, les idées, etc. La modification produite dans la cellule nerveuse peut persister à l'état latent, nous en ayons conscience. Enfin, quand l'excitation produite se renouvelle fréquemment, la modification produite peut devenir permanente. C'est sur cette propriété que se fonde l'éducation.

3° La troisième propriété est celle de la *réviviscence* : une modification une fois produite et qui persiste dans une cellule à l'état latent, peut, sous certaines conditions, avec assez d'intensité pour être perçue et donner lieu à des impressions psychiques. La mémoire est fondée sur ce phénomène de *réviviscence*.

4° Quand deux modifications successives d'une cellule nerveuse se produisent, non-seulement on a la conscience de ces deux modifications, mais encore on a la conscience de leur *ressemblance* ou de leur *différence*, et l'écart des deux modifications nous fait connaître le degré de la ressemblance ou de la différence.

d'un autre centre ou *sensation tactile*; je presse contre la pierre ou je la soulève, et j'ai une troisième espèce de notion d'un centre différent des deux précédents ou une *sensation musculaire*. Voilà donc trois modifications, trois sensations distinctes ayant pour siège trois centres nerveux différents. L'excitation ne s'arrête pas là; elle se transmet à un centre plus élevé qui est en connexion avec ces trois centres nerveux et qui fusionne ces trois choses, sensation visuelle, sensation tactile, sensation musculaire, en une notion unique ou une idée de quelque chose ayant telle couleur, telle surface, telle résistance, idée de la pierre que nous avons vue, touchée, sentie. C'est là le premier pas vers la généralisation et la synthèse, et successivement à mesure que les excitations se rapprochent de plus en plus de centres plus élevés, les notions qui en résultent deviennent de plus en plus générales jusqu'à aboutir enfin aux généralisations les plus hautes du temps et de l'espace et du mouvement.

Une deuxième propriété de ces centres nerveux supérieurs est celle de reconnaître les *coexistences* et les *successions*. La conscience que deux excitations qui agissent sur deux centres différents agissent simultanément ou successivement. Il y a cependant des limites à cette propriété et on verra plus loin, dans l'étude des sensations spéciales, que deux sensations successives, qui se suivent très-rapidement, nous paraissent simultanées. Ceci s'explique par cette loi générale, déjà mentionnée, que qu'une excitation influence un centre nerveux et surtout qu'elle devienne consciente, il faut qu'elle ait une certaine intensité. (Voir aussi sur ces questions le chapitre des *Fonctions conscientes* de la Physiologie spéciale.)

E. — ACTIONS NERVEUSES D'ARRÊT.

Les nerfs paraissent agir dans certains cas, non comme moteurs, mais comme des *freins*. Ainsi l'excitation du nerf gastrique arrête les battements du cœur; une émotion profonde produit une cessation subite de la contraction des muscles du squelette (les bras m'en tombent); une impression sur la peau peut amener un arrêt de respiration, etc. Ce

Elle s'observe aussi bien pour les sécrétions que pour les élements ; les sécrétions du lait, de la salive en offrent des exemples remarquables. La discussion de cette question, très-étendue encore et très-controvertée, sera faite dans une autre partie du livre. (Voir : *Pneumogastrique et Physiologie des centres nerveux.*)

graphie. — G. PROCHAZKA : *Opérations opér. anat. phys. et pathol. organ.*
 — LAMARCA : *Œuvres complètes*. — CAMARÉ : *Rapports du physique et du*
maladies du système nerveux,
 — J. MCLAREN : *l'âge du système nerveux*
sur les propriétés et les fonctions
et l'âge du syst. nerveux 1842. — F.
 et de la pathologie du syst. nerveux
 : *Neurophysiologie*, dans Wagner
Psychologie 1842. — MARSHALL-HALL
 : *Physiologie du système nerveux*, 1846.
 et de la pathologie du système nerveux
 : *Leçons sur le système nerveux*, 1845, et *études de*
 : *Experimentalphysiologie* d
 : *de physiologie générale et comparée*
 : *et l'intelligence* trad. par CAMARÉ
 : *de psychologie*, trad. par RANBY et M.

CHAPITRE TROISIÈME.

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ORGANISME.

1* NUTRITION.

l'org. ce milieu intérieur, comme l'appelle Cl. Bernard, est le siège de tous les phénomènes de nutrition. En état de perpétuelle instabilité, il reçoit continuellement des principes nouveaux soit de l'extérieur, soit des tissus, et leur en restitue d'autres en échange, et malgré ces mutations incessantes, il y a un tel équilibre, une telle corrélation entre les entrées et les sorties, que sa composition se maintient au même état avec une constance remarquable. Il est essentiel, pour bien comprendre les phénomènes de la nutrition, de les analyser d'une façon globale et d'étudier à part et en lui-même chacun des actes qui la constituent, et cette étude est d'autant plus nécessaire qu'elle est en général négligée dans la plupart des ouvrages malgré son importance pour la médecine.

ages entre le sang d'une part et les tissus et l'exté-

rieur de l'autre portent sur des gaz, des liquides et des en dissolution, et pour que ces substances diverses puissent servir à ces échanges, il faut qu'elles soient susceptibles de traverser les membranes animales connectives et épithéliales qu'elles satisfassent par conséquent à certaines conditions qui ont été étudiées plus haut à propos de la physiologie de ces deux espèces de tissus.

a. — Actes intimes de la nutrition.

Si nous prenons d'abord les échanges entre le sang et l'extérieur, nous voyons que :

1° Le sang reçoit de l'extérieur (*absorption*) :

De l'oxygène ; *absorption respiratoire* ;

Des substances dérivées des aliments et devenues assimilables par la digestion ; *absorption digestive* ;

Des produits de sécrétion versés dans les cavités du corps en communication avec l'extérieur, comme la cavité digestive, qui sont repris par le sang ; *absorption sécrétoire*.

2° Le sang élimine et renvoie à l'extérieur (*élimination*) :

De l'acide carbonique ; *exhalation respiratoire* ;

De l'eau et des principes solubles éliminés définitivement par l'*excrétion* ;

De l'eau et des principes solubles destinés à être repris par le sang ; *sécrétion*.

Si nous prenons maintenant les échanges du sang et des tissus, nous voyons que :

1° Le sang fournit aux tissus (*transsudation interstitielle*) :

De l'oxygène ; *exhalation gazeuse interstitielle* ;

Des matériaux solubles et de l'eau ; *transsudation interstitielle*.

2° Le sang reçoit des tissus (*résorption*) :

De l'acide carbonique ; *résorption gazeuse interstitielle* ;

Des principes de déchet solubles ; *résorption interstitielle*.

Le tableau suivant présente, d'une façon schématique, l'ensemble de ces différents actes et leur corrélation intime. On voit que leur ensemble constitue une sorte de 8 de chiffre dans lequel le sang occupe le point de croisement et qu'il y a par conséquent une sorte de circulation croisée entre l'extérieur et les

ulation dont le sang forme le centre ; cette circulation offre deux courants *sanguifuges*, l'un vers l'extérieur, l'autre vers les tissus, et deux courants *sanguipètes*, l'un venant des tissus, l'autre de l'extérieur.



Les quatre actes fondamentaux de la nutrition, prenant dix actes secondaires, sont les éléments essentiels de la nutrition. L'étude isolée de ces divers actes est donc nécessaire et doit précéder l'étude de la nutrition générale ; mais il y a là une très-grande difficulté. En effet, l'absorption gazeuse d'oxygène et l'élimination d'acide carbonique s'accomplissent par la même membrane et par leur union constituent la fonction respiratoire, et quelle que soit son indépendance, il est presque impossible de les isoler l'une de l'autre pour les étudier à part. Le même organe, le tube digestif, sert à l'absorption alimentaire, à la secretion, à l'excrétion, à l'absorption sécrétoire, etc., et les exemples de cette multiplicité de fonctionnements pourraient être multiples. On peut cependant, malgré ces difficultés, arriver, en les analysant, à des notions précises sur le mécanisme de ces actes intimes de la nutrition.

A — ABSORPTION

Pour arriver dans le sang, les substances venues de l'extérieur doivent traverser, quelles qu'elles soient : 1° une membrane épithéliale, limite entre l'organisme et le milieu extérieur ; 2° une membrane connective sous-jacente plus ou moins épaisse ; 3° la membrane des capillaires sanguins. Cependant il y a une réserve sur ce dernier point. D'après les recherches modernes, il est probable que les capillaires baignent dans les lacunes du tissu connectif, de sorte que, dans ce cas, les substances venues de l'extérieur, après avoir traversé les deux

premières membranes, arriveraient dans les lacunes lymphatiques et là pourraient suivre deux voies : ou bien être reprises par la lymphe et passer dans le sang par les canaux lymphatiques sans avoir à traverser d'autre membrane (*absorption lymphatique*), ou traverser immédiatement la membrane des capillaires sanguins pour arriver directement dans le sang sans passer par la circulation lymphatique (*absorption sanguine* appelée à tort *absorption veineuse*). Une fois introduite dans le sang, c'est-à-dire absorbée, la substance est entraînée par la circulation et transportée ainsi jusqu'aux différents tissus. Il y a donc dans l'absorption deux stades qu'il ne faut pas confondre : le premier stade d'*absorption proprement dite, in situ*, et un second stade de *generalisation* ou de transport par la circulation proprement dite. Dans l'*absorption lymphatique* par un stade intermédiaire, lequel la substance parcourt les vaisseaux lymphatiques, dans le premier stade, la substance reste localisée dans le premier stade, la substance reste localisée dans le premier stade, l'absorption s'est faite ; dans le second stade, elle impasse l'organisme.

1° *Stade d'absorption proprement dite.* — On a vu que la substance doit traverser d'abord une membrane épithéliale et ensuite une membrane connective.

La traversée de la membrane épithéliale est celle qui présente, au point de vue physiologique, le plus grand intérêt et la plus grande difficulté d'observation. Même pour les épithéliums les plus simples et à plus forte raison pour les épithéliums stratifiés, c'est un acte d'une très-grande complexité et dont le mécanisme échappe en grande partie. En effet, supposons d'abord un

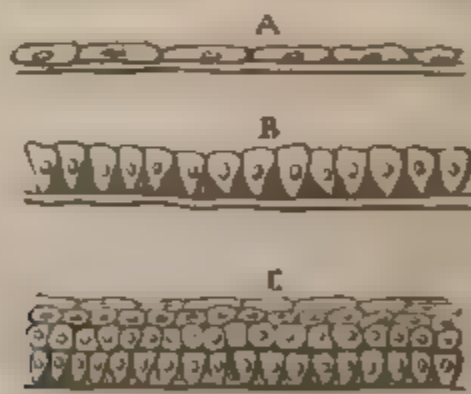


Fig. 70. — Épithélium simple et stratifié.

épithélium pavimenteux A, comme dans la figure 70, la substance absorbée aura à traverser : 1° la face libre de la membrane

2° la cavité cellulaire ; 3° la face profonde de la membrane cellulaire ('). La traversée de la membrane d'enveloppe se fait sous les mêmes lois que pour les membranes connectives, mais il n'en est plus de même dans la cavité de la cellule où la substance se trouve en contact avec le protoplasma des cellules, qui, très-probablement, en retardent la traversée, en admettant même que la substance, et le contraire n'est pas impossible, ne soit pas modifiée au passage. L'absorption sera en général encore plus difficile et la possibilité de variations plus grande, si, au lieu d'un épithélium pavimenteux, la substance doit traverser un épithélium cylindrique, B, et un épithélium stratifié, C. Il y aura donc, dans la rapidité avec laquelle la substance traversera l'épithélium, des différences qui tiendront, soit à l'épaisseur de la couche épithéliale et au nombre des cellules à traverser, soit à la nature même de l'épithélium, et cette seconde condition nous échappe complé-

Une fois cet épithélium franchi, la substance n'a plus à traverser, pour arriver dans le sang, que des membranes connectives, la membrane sous-épithéliale, membrane vasculaire, endovasculaire, autrement dit, des tissus rattachés aux tissus conjonctifs et dans lesquels l'absorption paraît beaucoup plus facile que dans les épithéliums et semble suivre presque complètement les lois physiques. La nature même de la substance a aussi de l'influence sur la durée de ce stade de l'absorption, et j'ai déjà mentionné plus haut la différence qui existe, au point de vue, entre les cristalloïdes et les colloïdes.

En résumé, le premier stade de l'absorption s'étend depuis le moment de l'application de la substance absorbable jusqu'à son entrée dans le sang, et la durée de ce stade, ou autrement dit la durée de l'absorption, varie suivant deux conditions principales : les caractères de la surface absorbante et surtout de l'épithélium ; la nature de la substance absorbée. Plus la surface sera mince et pauvre en épithélium, plus la substance sera absorbable, plus l'absorption sera rapide, plus elle sera lente dans les conditions contraires.

Le contact intime des cellules épithéliales rend peu probable l'opinion que les substances absorbées passeraient dans les interstices des cellules sans en traverser la cavité. Il en est peut-être autrement pour les cellules endothéliales ; dans ces dernières, en effet, un certain nombre d'histiocytes laissent des ouvertures (*stomates*) situées entre les cellules et donnant accès dans les lacunes lymphatiques.

2^e Stade de generalisation. — Ce stade debute au moment où la substance arrive dans le sang; elle devient alors participante de ce liquide et est transportée avec lui dans toutes les regions de l'organisme. Elle a donc forcément la même vitesse que les molécules sanguines et met le même temps à parcourir le circuit vasculaire, c'est-à-dire environ 23 secondes (Voir : *Circulation*). Donc, en moins de 23 secondes, la substance arrivée dans le sang imprègne déjà tout l'organisme et est offerte à tous les tissus et à tous les organes, et par conséquent la durée de ce stade de generalisation est à peu près la même et, comme on le voit, très-courte.

Il en resulte que ce qu'on appelle *rapidité de l'absorption* compose de deux facteurs, l'un constant, durant 23 secondes, c'est la generalisation de la substance dans l'organisme, l'autre seul variable, c'est l'absorption proprement dite. Tant que la substance en est encore au premier stade, l'absorption est locale et on peut encore l'arrêter et empêcher la penetration de la substance dans le sang, mais des que la substance a pénétré dans le sang, l'absorption est *generale* et on ne pourrait l'arrêter sans arrêter la circulation.

Enfin, dans l'absorption par les lymphatiques, entre le premier stade, d'absorption locale et d'absorption generale, on peut placer une periode intermediaire pendant laquelle la substance est transportée avec la lymphe, periode dont la durée est celle d'une circulation lymphatique, ne peut encore être déterminée d'une façon précise.

Mais le sang et la lymphe ne jouent pas seulement le rôle d'agents de transport dans l'absorption, ils ont encore une influence indirecte sur l'absorption locale. En effet, à partir du moment où l'activité d'action vitale des epitheliums, l'absorption par les lois physiques de la diffusion et de l'endosmose, la cellule ou une membrane déjà imbibée d'un liquide ne peut en recevoir une plus grande quantité si, préalablement, elle n'a enlevé une partie de ce liquide, et, d'une façon générale, les tissus absorberont d'autant moins d'une substance qu'ils en sont plus rapprochés de leur point de saturation pour cette substance. Aussi, dans le premier stade d'absorption locale, cette absorption serait vite arrêtée la membrane arrivant à son point de saturation, si le sang ne débarrassait, au fur et à mesure, la membrane de la substance absorbée, en la mettant dans des

et, au bout de quelque temps on voit survenir des convulsions qui indiquent que le poison est arrivé jusqu'à la moelle

conditions qui influencent l'absorption d'une façon générale suivantes :

Nature de la surface absorbante, c'est-à-dire son épaisseur et l'épaisseur de son épithélium, et en première spécialité d'action de cet épithélium. Une membrane, à épithélium pavimenteux, presque endothélial, comme la muqueuse pulmonaire, absorbera très-facilement, tandis que la peau épaisse et couverte d'un épiderme stratifié, sera beaucoup plus lente et, dans bien des cas, impossible. Enfin quelques surfaces paraissent tout à fait réfractaires à l'absorption, au moins pour certaines substances; telle est la muqueuse vésicale.

Nature de la substance à absorber. — Certaines substances, surtout celles à fort équivalent endosmotique, comme les sels, sont difficilement absorbables; mais, même dans ce cas, elles peuvent devenir plus facilement absorbables dans des conditions déterminées. Ainsi l'albumine traverse plus facilement la membrane quand elle est en solution alcaline. La concentration d'une solution favorise aussi l'absorption. En outre, si la substance est rapidement éliminée ou transformée par le sang, l'absorption sera plus rapide.

Le sang agit sur l'absorption par sa quantité et par sa qua-

ralentirait au contraire en diminuant la masse du sang. L'assertion de Kaupp mériterait cependant d'être vérifiée. L'augmentation de la pression sanguine tend aussi à diminuer l'absorption. La qualité du sang a encore une influence très grande. Les substances qui existent déjà dans ce liquide seront absorbées plus difficilement lorsqu'elles s'y trouveront en plus grande proportion; ce sera l'inverse pour les substances qui n'y existent pas ou qui ne s'y trouvent qu'en proportion minime.

4° L'état de la *lymphe* agit sur l'absorption de la même manière que l'état du sang.

Les différents modes d'absorption seront étudiés successivement : l'absorption d'oxygène avec la respiration, l'absorption des aliments avec la digestion et l'absorption sécrétoire avec la digestion.

B. — ÉLIMINATION.

L'élimination est l'acte corrélatif de l'absorption, c'est-à-dire, soumis aux mêmes lois et aux mêmes conditions. Que de l'eau venue de l'extérieur, par exemple, soit absorbée dans le sang, ou qu'elle soit éliminée du sang vers l'extérieur, elle n'en a pas moins les mêmes membranes à traverser; seulement elle le fait en sens inverse, mais cela n'a rien au mécanisme du passage. Ici, comme tout ailleurs, la nature de la substance, l'état du sang et de la lymphe jouent un rôle essentiel.

C'est cette élimination qui assure la constance de la composition du sang. Aussi est-il très-difficile de faire varier artificiellement la composition du liquide sanguin et la proportion des éléments qui le constituent, à moins d'empêcher la surface éliminatrice de fonctionner. Ainsi, après la ligature de la trachée, l'acide carbonique s'accumulera dans le sang, les voies suppléant l'exhalation carbonique, comme la peau, ne pouvant suppléer l'exhalation pulmonaire, l'ablation des reins a la même importance par rapport à l'urée. Il semble y avoir, pour chaque substance introduite ou préexistante dans le sang, une dose limite au delà de laquelle l'excès de la substance est immédiatement éliminé; ainsi quand la quantité de glycose dans le sang dépasse 0,4 p. 100, elle apparaît dans les urines. (Cl. Bernard.)

obstacles que l'élimination met aux changements de composition du sang se montrent bien dans les expériences dans lesquelles les animaux sont soumis à une alimentation très-acide; le sang reste pas moins alcalin avec une remarquable fixité. (Mann.)

La respiration gazeuse d'acide carbonique sera étudiée avec la même attention.

La nutrition et la sécrétion ont été étudiées à propos de la physiologie de l'épithélium.

C. — TRANSSUDATION ET EXCHANGE INTERSTITIELLES.

Durant son passage au travers des tissus et des organes, le sang abandonne à leurs éléments un certain nombre de principes; ces principes sont de deux ordres, en premier lieu de principes, en second lieu des matériaux de renouvellement destinés à réparer les pertes faites par ces tissus. Là, comme pour les échanges entre le sang et l'extérieur, la lymphe paraît être un médiaire obligé entre le sang et les tissus; ces principes passent avec la lymphe à travers la membrane des capillaires, et dans cette lymphe que les tissus prennent à leur tour l'oxygène et les matériaux nécessaires à leur activité vitale. Ces matériaux varieront naturellement suivant les besoins de chaque tissu; l'offre est la même, la demande diffère.

Le processus même se compose de deux actes secondaires : 1° le passage même des substances depuis le sang jusqu'aux tissus; 2° le choix fait par chaque tissu dans le liquide qui lui est offert. Le premier acte est presque complètement physique : en effet, il n'y a pas là d'épithélium interposé entre le sang et le tissu; il n'y a guère que des membranes connectives et l'endothélium vasculaire; aussi ce passage doit-il être très-rapide et peut-on ainsi dire instantané. On comprend alors pourquoi, dans l'absorption des substances médicamenteuses et toxiques, une fois qu'une substance généralisée est transportée par le sang dans tout l'organisme, cette substance entre immédiatement en contact avec tous les tissus et exerce sur eux son action. Ce premier acte est sous la dépendance directe de la pression sanguine et se confond, en fait, avec la formation même de la lymphe. (Voir : *Lymphe*.)

Le second acte, au contraire, est un acte vital, physiologique.

Chaque tissu choisit ce qui lui convient dans la lymphe qui l'entoure. Malheureusement nous connaissons fort peu le mécanisme intime de cet acte; nous ignorons presque comment et sous quelles substances prend un tissu donné, sous quelle forme, en quelle quantité, sous quelles conditions, et nous n'avons que quelques données un peu positives que pour l'oxygène: ainsi on sait qu'un muscle en état d'activité emploie plus d'oxygène qu'à l'état de repos; mais pour tous les autres principes, nous sommes dans une ignorance absolue.

On a beaucoup discuté la question de savoir si l'oxygène traverse les parois des capillaires pour arriver jusqu'au tissu, ou si les substances réductrices des tissus attirent l'oxygène dans le sang pour se combiner avec lui. Il est certain que des oxydations se font dans l'intérieur même des vaisseaux, mais il paraît à peu près certain que la plus grande partie de l'oxygène se trouve en dehors des capillaires et dans l'intimité des tissus. On sait déjà que le sang sorti des vaisseaux perd très-peu d'oxygène, et on est de même si on ajoute au sang des substances réductrices, comme de la glycose ou de l'urate de soude. (Voy. p. 100.) D'un autre côté, le sang perd, au contraire, très-vite son oxygène si on l'injecte à travers les capillaires d'un organe pris chez un animal qu'on vient de tuer (reins, poumons: Ludwig), ou si on le met en contact avec de la levûre de bière par l'intermédiaire d'une membrane animale (P. Schutzenberger). Sous l'influence maintenant l'oxygène est-il ainsi enlevé à l'équilibre, lorsque dans nos laboratoires il faut, pour le dégager, la combinaison d'oxyhémoglobine, une diminution de pression est-elle considérable? (Voy. : *Extraction des gaz du sang*.) Il y a encore une action qui n'est pas encore expliquée.

Ce qui prouve la rapidité de ces phénomènes de transport nutritif, c'est que les molécules sanguines ne mettent que une seconde pour traverser les capillaires d'un organe, c'est-à-dire pour passer des artérioles dans les petites veines, et que les actes précédents doivent s'accomplir pendant ce court laps de temps.

D. — RESORPTION INTERSTITIELLE

La résorption interstitielle marche de pair avec la sécrétion interstitielle. À mesure que le sang fournit aux

et des matériaux de nutrition, les tissus rendent au sang l'acide carbonique et des matériaux de déchet; la résorption est donc la contre-partie de la transsudation, et les lois qui leur sont applicables à toutes deux.

En résumé, nous sommes peut-être un peu plus avancés sur cet acte que sur l'acte de transsudation. Si nous ignorons presque entièrement quels sont les matériaux fournis par le sang aux tissus, nous connaissons un peu mieux quels sont les produits que les tissus fournissent au sang; on sait aujourd'hui, pour un certain nombre de tissus au moins, quels sont leurs produits de transformation, et la chimie physiologique fait tous les jours de réels progrès sous ce rapport.

Une question qui a été agitée tout à l'heure se retrouve encore à propos de la resorption, à savoir : est-ce le lieu de formation de l'acide carbonique et s'il faut le placer dans le sang même ou dans les organes. C'est à l'ensemble de ces deux actes, extraction de l'acide carbonique du sang, restitution d'acide carbonique au sang, qu'on donne le nom de *respiration interne* ou *respiration des tissus*; car, comme le sang lui-même, ils absorbent l'oxygène et éliminent de l'acide carbonique; seulement leur milieu respiratoire comme l'air atmosphérique est le sang, et la respiration des tissus est la *respiration aquatique*.

Les os et les tissus dépourvus de vaisseaux n'en sont pas moins sous la dépendance du sang pour leur nutrition: leur dépendance est moins immédiate; le cartilage, par exemple, reçoit ses matériaux de nutrition, de proche en proche, du tissu osseux sous-jacent, et ses matériaux de déchet s'éliminent de la même façon; mais sa vitalité est très-inférieure: quand il a à développer une vitalité plus intense, comme pendant l'ossification, se creuse-t-il des canaux qui en font, pendant une certaine période, un organe vasculaire.

Les tissus épithéliaux, dont la vitalité est si active, et qui sont souvent dépourvus de vaisseaux, paraissent au premier abord en contradiction avec cette loi générale de la relation entre la vascularité et l'activité d'un tissu. Mais la contradiction n'est qu'apparente: les surfaces sous-épithéliales sont en général très-vascularisées, et les cellules de l'épithélium simple ou les cellules de l'épithélium stratifié sont en rapport aussi immédiat

avec les capillaires sous-jacents qu'une fibre musculaire ou une cellule nerveuse avec les capillaires qui l'entourent. En outre, les cellules épithéliales ont une activité vitale très-énergique; elles opposent une barrière ou un retard au passage de substances indifférentes ou nuisibles, elles s'emparent avec une grande rapidité des substances qui peuvent servir à leur nutriments à leur accroissement et à leur multiplication.

On a vu plus haut que les déchets des épithéliums étaient éliminés à l'extérieur sans être versés dans le sang; il faut donc ajouter aux dix actes intimes de la nutrition énumérés plus haut un onzième acte qui, lui, ne se fait plus par l'intermédiaire du sang, c'est l'*élimination* ou la *mue épithéliale*.

b. — Phénomènes généraux de la nutrition

Les phénomènes généraux de la nutrition sont au nombre de deux, l'assimilation et la désassimilation, auxquels se rattachent l'accroissement et la régénération des tissus.

A. — ASSIMILATION.

L'assimilation est destinée, soit à réparer les pertes de substances, soit à l'accroissement de ces tissus ou à leur régénération pour condition l'apport de matériaux de nutrition venant de l'extérieur et qui, après avoir passé dans le sang (absorption digestive), arrivent aux tissus (traussudation interstitielle) et les emploient et les mettent en œuvre.

Ces matériaux de nutrition peuvent se diviser en deux classes et cette division présente la plus grande importance au point de vue physiologique : 1° Les uns, ce sont les plus importants, les plus nombreux, entrent dans la constitution même du tissu, ils en font partie intégrante de sa substance, de telle façon que sans eux le tissu ne pourrait exister; tels sont les albuminoïdes, les substances minérales, etc.; on peut les appeler *principes constituants*. 2° Les autres, *principes auxiliaires*, ne font qu'imprégner le suc intra- ou extra-cellulaire sans entrer dans la composition même de la cellule; telle est probablement une partie de la graisse et peut-être de la graisse introduite par l'alimentation. Les principes traversent, sans s'y fixer, les éléments et les tis-

donne naissance à toute la série déjà étudiée des produits de désassimilation. Il y a donc dans la désassimilation de l'usure même des tissus et l'usure des matériaux oxydables du sang. Malheureusement, la part faite à ces deux articles par l'organe donné ne peut être évaluée exactement, et on va si loin que, pour les muscles par exemple, tantôt on a vu la désassimilation porter sur le tissu musculaire seul, tantôt sur les principes oxydables auxiliaires, à l'exclusion du tissu musculaire même. Il est plus que probable que les deux modes interviennent ensemble, et même que la part prise dans la désassimilation par les principes oxydables auxiliaires est la plus considérable; dans ce cas l'usure ne se produirait d'une façon notable que lorsque les principes oxydables fournis par le sang seraient en quantité trop faible.

La désassimilation est liée à la production de force vive (travail, leur, mouvement, etc.), et elle en est la condition indispensable. Aussi, quand cette production de forces vives est exagérée (fièvre, chaleur excessive, etc.), la consommation des principes oxydables auxiliaires ne suffisant pas pour compléter la somme de forces vives exigée, les principes constituant le tissu musculaire doivent intervenir en s'oxydant ce complément de forces vives nécessaire. Un muscle, par exemple, qui, à l'état de contraction normale, produit un travail mécanique représenté par 10; sur ce chiffre, 2 sont fournis par les produits oxydables auxiliaires, et 8 par la substance musculaire même; si la production de forces vives monte à 20 et que les produits auxiliaires apportés par le sang ne puissent fournir que 13 du travail demandé, les 7 unités restantes devront être fournies par la substance musculaire qui constitue une réserve oxydable, sinon inépuisable, plus abondante que les substances auxiliaires dont l'usure a une limite, et cette usure du muscle n'aurait pour limite la destruction même de l'organe si la fatigue (production de lactique) n'intervenait pas pour arrêter les contractions en épuisant l'irritabilité musculaire.

C. — ACCROISSEMENT.

A l'état normal et sur un organisme qui a terminé sa croissance, la désassimilation et l'assimilation marchent de pair, et à mesure que l'usure d'un tissu prive ce tissu de son

mais, la réparation se fait et l'organisme assimile de nouveaux principes en échange de ceux qu'il a perdus. Dans ce cas, de conditions particulières, il y a égalité entre les principes et les principes assimilés; l'organisme ne gagne ni il reste dans le *statu quo*; l'équilibre existe entre les entrées et les sorties.

Cet équilibre n'existe pas toujours, et même on peut dire qu'il n'est que théoriquement, et que la plus faible cause suffit pour le rompre. Dans ce cas, s'il y a une prédominance des entrées sur les sorties, l'assimilation sur la dépense, l'organisme croît; s'il y a une prédominance des sorties sur les entrées, l'organisme décroît dans les conditions normales.

On peut également parler, l'accroissement peut provenir de deux manières.

Mais un tissu ou un organe peuvent augmenter de

deux façons : 1° par l'augmentation de volume des éléments déjà existants; 2° par l'adjonction d'éléments nouveaux, autrement dit, par formation ou multiplication cellulaire.

Le premier mode, augmentation de volume des éléments déjà existants, est en général très-limité; les éléments anatomiques ont à peu près le même volume chez des animaux de

taille très-différente, et on trouvera les mêmes dimensions pour la fibre musculaire d'un animal microscopique pour celle d'une baleine; cependant, pour un organe, la santé et la vitalité d'un élément anatomique se manifestent par une plénitude, par une sorte de *turgor* due à la turgescence cellulaire, et en somme par une véritable hypertrophie.

Tellement l'accroissement s'accompagne de la production d'éléments nouveaux, d'une prolifération cellulaire. Quel que soit le mode de production des cellules nouvelles, ces cellules se juxtaposent aux cellules anciennes et, suivant le mode de disposition, donnent lieu aux divers genres d'accroissement.

Tantôt l'accroissement est disséminé, c'est-à-dire que les cellules nouvellement formées se produisent dans toute la masse de l'organe, dans tous les sens, de façon que l'organe augmente de volume dans

trois dimensions; tel paraît être le cas des organes comme le foie, le cerveau, etc. Tantôt l'accroissement se fait en surface, comme dans les membranes épithéliales par exemple.

Tantôt enfin, comme dans les tubes nerveux de l'enfant, l'accroissement se fait en longueur à mesure que la taille s'élève, l'accroissement est linéaire et se fait suivant une seule dimension.

Un excès de nutrition favorise l'accroissement; un muscle devient plus volumineux.

mineux par l'exercice. Il semble qu'il y ait là une contenance avec cet autre fait de l'usure des tissus par l'activité et mais il faut remarquer que cette usure ne s'observe avec intensité que quand l'activité est poussée jusqu'à la fatigue. À l'exercice modéré, l'afflux sanguin augmente (par des causes encore inconnues), et comme l'apport de substances azotées oxydables suffit pour la contraction, le tissu même n'a pas à subir et trouve au contraire, dans l'excès de l'activité qui lui arrive, un excès de matériaux nutritifs et de principes énergétiques, autrement dit, une plus riche alimentation; il est le cas d'un individu qui se nourrit plus qu'il n'est besoin pour la somme d'exercice qu'il fait et qui, par conséquent, engraisse.

L'accroissement est surtout actif pendant toute la période de la vie, depuis l'origine de l'embryon jusqu'à l'âge adulte, où un *statu quo*, un équilibre *relatif* s'établit entre les entrées et les sorties. Alors l'accroissement s'arrête, puis, après un certain temps, variable pour chaque espèce, une période inverse commence, période de rétrogradation, dans laquelle les sorties sont en excès sur les entrées.

Les causes de cet arrêt de l'accroissement à un moment déterminé pour chaque espèce, sont assez obscures et probablement de nature complexe.

Pour comprendre ces causes, il faut bien se rendre compte des conditions de l'accroissement. Cet accroissement résulte d'un excès de l'assimilation sur la désassimilation, de la nutrition sur l'usure des tissus, de l'alimentation sur l'excrétion, de l'entrée sur les sorties. Ceci donné, les causes de l'arrêt d'accroissement sont au nombre de quatre principales :

1° Chaque organisme, en venant au monde, apporte un *capital vital* différent, comme un marchand commence son commerce avec l'un avec de petits, l'autre avec de grands capitaux. À l'occasion d'une comparaison, due à Herbert Spencer, n'exprime pas comment le fait physiologique, et il faut y ajouter un éclaircissement. On verra plus loin (voir : *Reproduction*) que le nombre de générations successives que peut fournir un organisme est limité, qu'au bout d'un certain temps, au bout d'un certain nombre de générations, les organismes formés ont perdu le pouvoir de donner naissance à de nouveaux organismes semblables à moins que des conditions nouvelles n'interviennent. Il n'existe pas de limite absolue pour les organismes pris dans leur ensemble ex

ablement pour les éléments de ces organismes ; une cellule fournit une série de générations cellulaires successives, pas indéfiniment ; et il semble que le mouvement formateur, après s'être transmis de génération en génération, finisse par épuiser et disparaître, la fertilité diminuant peu à peu pour faire place à la stérilité des derniers éléments qui terminent la série cellulaire. Évidemment ceci ne nous explique pas le fait même ; mais c'est déjà quelque chose que de rattacher la fin d'un organisme à l'évolution générale des organismes, et n'est-ce pas simple à résoudre au lieu de le considérer comme un mystère ? On a vu plus haut que le développement consiste surtout dans la multiplication des éléments nouveaux ; si les éléments primitifs de l'organisme n'ont qu'une vie limitée, ils ne peuvent fournir qu'un certain nombre de générations successives ; et, ces générations étant épuisées, l'organisme et l'organe mourront dans leur évolution progressive.

L'assimilation et la désassimilation ne peuvent se faire que par des échanges incessants entre le sang et les tissus. Ces échanges ont pour condition la traversée des membranes vivantes, des membranes de cellules et membranes connectives par le plasma sanguin et lymphatique. Ce plasma n'est autre chose qu'une solution d'albuminoïdes et de sels minéraux ; cette solution traverse ces membranes comme l'eau traverse un filtre poreux ; or, même qu'un filtre s'incruste peu à peu des substances dissoutes dans l'eau et finit par ne plus pouvoir être utilisé parce que ses pores se rétrécissent et se bouchent, de même les membranes organiques semblent pouvoir aussi s'incruster à la longue de substances minérales, et surtout de sels calcaires, la substance vivante se minéralise peu à peu. Cette minéralisation, cette incrustation produit deux résultats, l'un purement physique, l'autre vital. Les membranes deviennent d'abord moins perméables à l'eau, ce qu'indique la moindre proportion d'eau des tissus à mesure qu'on avance en âge, et comme l'eau est l'agent principal de la nutrition et surtout de la réparation organique, la réparation est insuffisante et ne compense plus l'usure des organes qui se mettent à décroître et à s'atrophier. La désassimilation, il est vrai, est bien entravée aussi par cette diminution de perméabilité, mais pas dans la même proportion, en

effet, une partie des pertes se fait par desquamation, chute des couches cornees de l'epiderme, chute des glandes, etc., il y a donc diminution de deux processus de la nutrition, mais la diminution de la réparation est proportionnellement plus considerable. La substance organique, en se mineralisant, perd de son instabilité qui, comme on l'a vu dans les Prolegomenes, est une des conditions essentielles des échanges nutritifs; elle est plus fixe et cette fixité diminue les phénomènes de nutrition; toute diminution dans ces phénomènes portera plutôt sur la désassimilation que sur la réparation; l'oxydation sera plus énergique que la réparation; dans l'organisme vivant, il est plus facile de détruire que de fonder.

Une remarque à faire à ce propos, c'est que cette insuffisance s'accuse surtout chez les tissus dépourvus de vaisseaux, les cartilages, le tissu corne, qui ne reçoivent leurs éléments de nutrition que de seconde main. Les cartilages s'ossifient avec l'âge, et les cheveux blancs contiennent une plus forte proportion de chaux que les cheveux de couleur.

3° L'insuffisance de la réparation par l'impossibilité d'augmenter un certain maximum d'alimentation a déjà été mentionnée page 21. On a vu que, tandis que la masse de l'organisme suite l'usure croît comme le cube, la réparation ne croît que comme le carré. En effet, la surface d'introduction de la nourriture, l'estomac et intestin grêle ne croît pas dans la même proportion que la masse même du corps. Chez l'enfant de trois ans, la surface de l'intestin grêle est au poids du corps :: 16 : 1000; chez l'adulte, il n'est que :: 10 : 1000; chez ce dernier, le corps est devenu six fois plus fort, le poids de l'intestin n'a fait que tripler. En comparant les surfaces intestinales à des poids, on arriverait aux mêmes résultats.

4° Enfin l'augmentation de l'usure des tissus à mesure que le corps s'accroît est la quatrième cause d'arrêt de l'accroissement. En effet, la masse à mouvoir dans les mouvements de locomotion est constituée par des organes, muscles, os, viscères, qui croissent suivant leurs trois dimensions. Les agents de mouvement, les muscles, s'accroissent aussi suivant les trois dimensions, c'est-à-dire en longueur et en épaisseur, mais l'augmentation de longueur n'a aucune action sur l'énergie du mouvement.

nous observons actuellement, et ces modifications, acquises, peuvent même avoir un remarquable caractère de fixité.

E. — RÉGÉNÉRATION.

La régénération n'est qu'un cas particulier de l'accroissement. Seulement, l'accroissement succède à l'ablation d'une partie de l'organisme et se localise en un point pour remplacer la partie enlevée. A l'état normal, cette régénération est continue pour certains éléments, cellules épithéliales, globules sanguins, etc. ; elle n'est qu'une des formes de la nutrition. Mais cette régénération peut encore se faire même pour des éléments chez lesquels, à l'état normal, le renouvellement est moléculaire et continu. Telles seront, par exemple, une fibre musculaire ou une fibre nerveuse. La régénération n'est pas limitée à la reproduction de cellules ou d'éléments anatomiques simples ; elle peut être poussée plus loin et aboutir à la reproduction d'organes et de systèmes entiers, être identique par conséquent aux phénomènes de développement de l'organisme, comme dans la vie embryonnaire. Chez les animaux inférieurs, cette puissance réparatrice est très considérable : un fragment d'hydre reproduit un animal complet ; on en est de même chez certains vertébrés inférieurs, et le monde connaît les faits de reproduction d'un membre manquant, d'un œil, chez les salamandres aquatiques (tritons). Chez l'homme même, des faits semblables ont été observés chez le fœtus ; Simpson a vu plusieurs cas de reproduction incomplète d'un membre à la suite d'amputation spontanée, et, chez l'adulte, on a constaté la reproduction d'un doigt surnuméraire après ablation. Chez l'adulte, la puissance régénératrice est beaucoup plus limitée, mais elle est encore assez prononcée, comme le montrent les recherches des chirurgiens et en particulier les expériences d'Ollier sur la régénération périostique des os. On peut dire, en somme, que toute la science chirurgicale est basée sur cette puissance réparatrice de l'organisme.

A la régénération peuvent être rattachés les phénomènes de *transplantation organique*. Quand une cellule est détachée de l'organisme auquel elle appartenait, elle n'en continue néanmoins de vivre pendant quelque temps, et, dans cert

introduites en excès par l'alimentation (tissu cellulaire cutané, tissu cellulaire interstitiel, épiploons, etc.).

Pour les hydrocarbonés et les albuminoïdes, on est beaucoup moins avancé. Cependant il me paraît que les données de la physiologie permettent d'en préciser le siège d'une presque certaine. L'amidon et les hydrocarbonés s'accumulent chez l'adulte dans le foie, dont les cellules contiennent beaucoup de la substance glycogène, et qui retient au passage, transformant, une partie des substances hydrocarbonées de l'alimentation. Les albuminoïdes s'accumulent dans les lymphoïdes (rate et ganglions lymphatiques); tous ces organes sont en effet très-riches en substances azotées; ils jouent un rôle essentiel dans la formation des tissus, comme le prouve le développement chez le fœtus et dans l'enfance; enfin ils ont pour siège principal, sinon unique, de la production des globules rouges dont le rôle formateur est hors de doute. Aussi, dans l'insuffisance de ces organes subissent-ils une perte de poids qui rappelle celle de la graisse, comme le prouvent les chiffres suivants de Chossat :

	Perte de poids pour
Graisse.	0,933
Rate.	0,714
Pancréas	0,641
Foie.	0,520

On ne voit pas, en effet, pourquoi la graisse seule de l'alimentation aurait la propriété de s'accumuler ainsi dans l'organe au détriment des autres substances, et pourquoi l'excès des dernières ne s'accumulerait pas aussi dans certains organes. Il est vrai qu'une partie de la graisse du corps semble provenir du dédoublement des albuminoïdes et d'une transformation des hydrocarbonés; mais tout l'excès de ces substances n'est pas utilisé de cette façon, et ce qui reste après l'utilisation immédiate de la transformation grasseuse doit être mis en réserve quelque part.

La réserve organique comprendra donc :

- La réserve grasseuse ayant pour siège le tissu conjonctif;
- La réserve amylacée, dont le siège est dans le foie chez l'adulte, dans d'autres organes et tissus chez le fœtus (*Nutrition du fœtus*);

les objets; il est facile de les recueillir en filtrant l'air coton ou de l'amiante, et on peut à volonté, en semant mes ainsi recueillis, déterminer l'apparition d'êtres vivants. Cette conséquence que pour pouvoir tirer des conclusions d'expériences de génération spontanée, il faut empêcher les germes d'arriver au milieu dans lequel les organismes naissent spontanément. Le meilleur moyen de détruire ces germes est la chaleur; mais il faut que cette chaleur soit portée à un certain point et des expériences nombreuses ont montré que la température de l'ébullition ne suffit pas toujours pour détruire ces germes et qu'il en est qui résistent, surtout après dessiccation, à des températures de 110, 120 et 140 degrés. Or, la plupart des substances organiques éprouvent déjà à 100 degrés des altérations qui peuvent modifier considérablement leur composition intime et par conséquent les rendre impropres à la formation d'organismes vivants. Il y a donc là, dans l'expérimentation, un dilemme dont il est à peu près impossible de sortir et qui reste toujours ouvert.

Sans entrer dans les détails de la discussion pour laquelle je renvoie aux sources originales, je me contenterai de résumer les principales expériences pour et contre l'hétérogénie.

Voici la plus importante expérience de Pouchet. Il prend un flacon à l'émeri, le remplit d'eau bouillie, le ferme hermétiquement et le renverse sur une cuve à mercure; il fait arriver dans son intérieur un mélange d'azote et d'oxygène en proportions voulues pour faire un air artificiel, et y introduit un foin chauffé pendant vingt minutes à 100 degrés. Au bout de quelques jours, il se développe dans l'infusion, du *Pennicillium glaucum*, des amibes, etc. Mais la chaleur n'était pas assez élevée pour tuer tous les germes, et, du reste, Pasteur a démontré que les germes déposés sur la cuve à mercure sont enlevés par les gaz qui traversent le mercure et en assez grande quantité pour donner naissance à des organismes.

Les expériences contraires à l'hétérogénie sont très nombreuses. Les unes ont pour but de montrer l'influence de la composition de l'air sur la production des organismes; les autres ont pour but de prouver que tout ce qui détruit ou enlève les germes de l'air empêche toute production de génération spontanée.

Si on a deux infusions communiquant avec l'air et

et un tube droit, l'autre par un tube coudé, les infusoires développent plus dans la dernière, dans laquelle l'air n'arrive pas facilement. Hoffmann. Quand l'air a été débarrassé non qu'il contient par la filtration Pasteur ou que ces ont été détruits par son passage à travers l'acide sulfurique (M. Schultze) ou un tube de porcelaine chauffée (Cl. Bernard), il ne se produit aucun organisme dans l'eau. Il en est de même si on prend l'air dans des régions élevées ou l'atmosphère est très pure, comme sur de hautes montagnes (Pasteur).

Et ces expériences permettent de conclure que, même sans la génération spontanée pour tous ? Des expériences admettent la génération spontanée.

Après avoir été placé dans une solution de potassium, sulfate de sodium, de la glycose, de l'acide lactique, de la caséine, et des peptones, le tout chauffé à 100° pendant 15 minutes, température et temps suffisants. On le laisse refroidir, on le filtre sur un filtre à papier, on le stérilise à 121° pendant 15 minutes pour tuer les bactéries qui auraient pu être présentes dans le milieu. Mais l'intervention de l'air est nécessaire, et on le laisse à la solution par une lame argileuse poreuse qui le débarrasse complètement des germes qui pourraient être présents. Des expériences de contrôle lui ont été faites, et on a pu constater que les germes ne peuvent provenir ni de l'air, ni de la solution, ni du milieu. Moyens dans ses expériences : il n'a jamais vu de moisissures et de champignons, ni de bactéries, au lieu d'employer la solution indienne, il a employé le mélange de Bastian, décoction de chrysanthème, et de menthe, et des substances riches en oxygène, et de la solution de la solution.

(Voir: Origine des espèces)

rapide. — POTCHKY : *Hétérospine*, 1886. — POTCHKY et MURRAY : *Mémoires*, 1891-1892. — SCHULTZ : *Expériences sur les propriétés physiologiques* (Ann. chim., 1894). — PASTEUR : *Mém. sur les courants électriques* (pub. dans le *Galvanopétrie*, Ann. des sc. nat., 1861). — BÉLÉ : *Expériences* (1892). — HODGKINS : *Sur l'abrogation* (Arch. de Méd., 1892-1893).

B. — GÉNÉRATION ASEPTIQUE

nération aseruelle n'est en réalité qu'un mode même d'existence et peut, par conséquent, se rattacher aux phéno-

menes généraux de nutrition des organismes. La régénération et la transplantation forment le lien entre l'accroissement dit et la génération. Nous avons vu en effet, à propos de la transplantation, que des parties détachées de l'organisme peuvent vivre encore un certain temps d'une existence indépendante et présenter même des phénomènes de multiplication et de développement.

Le mode le plus simple de génération asexuelle est la reproduction par *bourgeonnement* ou *gemmiparité* ; il est très répandu dans la série animale et se rencontre chez les polypes, les zoaires, les tuniciers, les vers plats, etc. Dans ce cas, sur la surface de l'organisme générateur, se produit un renflement organisé ou *bourgeon* qui s'accroît peu à peu et se développe de façon à constituer un nouvel organisme semblable au premier. Le bourgeon, une fois développé, peut rester fixé à l'organisme générateur ; c'est ainsi que se forment les colonies de coraux ou bien il peut s'en détacher et avoir une vie tout à fait indépendante, comme dans les hydres.

Tandis que, dans la *gemmiparité*, une partie restreinte de l'organisme suffit pour donner naissance à un nouvel organisme, dans la *disparité* l'organisme générateur doit se diviser en deux et disparaît en donnant naissance à deux organismes. C'est ce qu'on observe chez un certain nombre d'infusoires.

Le troisième mode de génération asexuelle, la *génération par germes* ou par *spores*, n'est qu'une *gemmiparité* améliorée. Dans l'organisme une cellule germinative parvient à maturité par bourgeonnement interne, puis cette cellule est mise en liberté et en se développant finit par donner un organisme semblable au mode, qui existe surtout chez les végétaux cryptogames, mais se rencontre aussi chez certains infusoires et chez les trematodes.

Ces trois modes de génération peuvent en somme être ramenés à cette loi physiologique : que, chez les animaux inférieurs, une portion de l'organisme, détachée du tout, a la faculté de vivre d'une façon indépendante et de se reproduire. En résumé, que aussi quelle est la généralité de cette loi, c'est que les mêmes procédés se retrouvent dans la *génération cellulaire*.

encore un certain temps d'une existence indépendante, mais son existence n'a qu'une durée limitée et la partie n'a plus le pouvoir de former un organisme nouveau. Cependant, dans quelques cas exceptionnels voir plus loin *Parthenogenese*, ce pouvoir existe, mais les générations ainsi produites perdent peu à peu leur force et finissent par disparaître si la sexualité n'intervient pour rétablir la puissance de reproduction.

Disons que dans le mode le plus élevé de génération asexuelle, la reproduction par germes ou spores, un seul germe suffit pour former un organisme nouveau, dans la génération sexuelle il faut le concours de deux germes ou de deux éléments, l'élément mâle ou *spermatozoïde*.

L'élément femelle ou *ovule* (fig. 71) est constitué par les par-

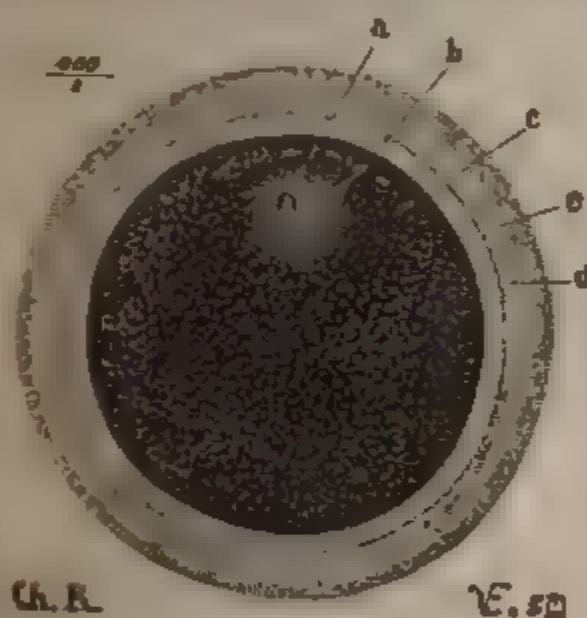


Fig. 71 — Ovule.

ovules, qui permettent de le comparer, avec certaines réserves, à une cellule.

Une membrane d'enveloppe, épaisse, transparente, *membrana vitellina* d ;

En contenu, le *vitellus* (c), qui sert à la fois à la formation de l'embryon vitellus blanc ou de formation, cicatrice de l'œuf de poule, corpuscules plastiques et à la nutrition vitellus de l'œuf, jaune de l'œuf de la poule ; globules vitellins. Tantôt deux parties du vitellus, partie formatrice et partie nutritive,

a, tache germinative — b, vésicule germinative. — c, vitellus. — d, membrane — e, espace entre cette membrane et le vitellus (Ch. Rubin)

sont intimement mêlées comme dans l'œuf humain est alors appelé *simple* ou *holoblaste* ; tantôt, au contraire, comme dans l'œuf de la poule, les deux vitellus sont séparés (cicatricule et jaune), et le vitellus de nutrition est toujours la plus grande masse ; dans ce cas l'œuf est appelé *microblaste* ;

3° La *vesicule germinative* ou de Purkinje (b), située au centre de l'ovule et qui contient un ou plusieurs nucléoles germinatifs (a) ou de Wagner ;

4° Enfin, dans ces dernières années, Balbiani a trouvé dans l'ovule une seconde vesicule, *vesicule embryogène* plus petite, située à la périphérie de l'ovule (non représentée sur la figure 71).

D'après Balbiani et Cl. Bernard, qui a adopté ses idées, la vesicule de Purkinje servirait seulement à la nutrition de l'ovule, la vesicule embryogène, au contraire, partie la plus importante de l'œuf, servirait seule à la formation de l'embryon et au centre de son développement. La vesicule embryogène et la vesicule de Purkinje apparaissent dans des points différents de l'ovule de Graaf (voir *Menstruation*, plus haut). Chez la femme, la vesicule embryogène se rapproche de la vesicule de Purkinje, pénètre dans l'épaisseur du vitellus qui l'entoure, donne à l'œuf la puissance évolutive par un mécanisme encore inconnu, mais comparable jusqu'à un certain point à la fécondation, une sorte de *fécondation anticipée* ou de *préfécondation* suffit pour que l'œuf accomplisse les premières phases de son développement ; mais ce n'est que dans des cas très-rares que ce développement peut aller jusqu'à la formation de l'embryon et à la naissance d'un organisme viable, habituellement quand la fécondation par l'élément mâle n'intervient pas, l'œuf dépérit, se désorganise et disparaît.



rents comme spontanés dus aux ondulations de la queue. L'origine de ces spermatozoïdes est encore un sujet de controverses, mais ce qu'il y a de certain, c'est qu'ils tirent leur origine des cellules épithéliales du testicule.

Chez toutes les espèces animales, il y a une différence bien marquée entre l'élément mâle et l'élément femelle, et cette différence se retrouve jusque dans le lieu de leur formation, le feuillet interne du blastoderme, le feuillet externe.

Chez certains animaux, l'élément mâle et l'élément femelle peuvent exister sur le même individu (*hermaphrodisme*), mais chez la plupart sur des individus séparés. C'est le cas chez les animaux inférieurs. Mais, même chez les animaux supérieurs. Mais, même chez les animaux supérieurs, on retrouve encore quelquefois des traces de l'hermaphrodisme des espèces antérieures. On pourrait dire, à ce point de vue, que tous les animaux sont virtuellement hermaphrodites; seulement, chez les uns, l'épithélium mâle ou testiculaire s'atrophie; chez les autres, c'est l'épithélium femelle ou ovarien qui s'atrophie. Ainsi chez le crapaud il reste des vestiges de cette dernière; on trouve chez lui un plan de cellules homologues à l'ovaire de la femelle et qui produisent des œufs, mais qui ne se développent pas, et la même chose a été observée chez le poulet.

Sur ces données, l'évolution de l'œuf, prise au point de vue général, peut être envisagée de la façon suivante et divisée en trois périodes séparées par deux actes essentiels, la préfécondation et la fécondation :

Mode ovogénique. — La vésicule de Purkinje, avec son contenu, se forme dans la vésicule de Graaf aux dépens de l'épithélium ovarien;

Fécondation. — La vésicule embryogène de Balbiani, mise en contact du vitellus de l'œuf et lui donne la faculté évolutive, autrement dit, le pouvoir de se développer jusqu'à une certaine limite ;

Mode d'évolution depuis la préfécondation jusqu'à la fécondation proprement dite. — Les phases successives du développement de l'œuf sont les suivantes :

1° La vésicule de Purkinje disparaît ainsi que les taches germinales, cependant cette disparition n'est pas admise par tous les auteurs et en particulier par Van Beneden.

b) Le vitellus se rétracte et s'écarte des parois de la vitelline; ce retrait du vitellus s'accompagne de mouvement de rotation du vitellus et de la formation de globules ou *globules polaires*, qui, d'après Balbiani, serviraient à la formation des organes génitaux futurs de l'embryon.

Ordinairement, si la fécondation n'intervient pas, le développement de l'œuf s'arrête; mais il n'en est pas toujours ainsi, et dans certains cas les stades suivants du développement de l'œuf et en particulier la segmentation du vitellus ont lieu dans l'œuf non fécondé.

La *parthénogénèse* (*Lucina sine coitu*) présente encore un développement plus remarquable de développement sans fécondation. Le développement poussé jusqu'à la formation d'organes capables de se reproduire. Ainsi, pendant tout l'été, des pucerons asexués (pseudo-femelles) produisent des œufs qui ne sont pas fécondés et qui pourtant donnent naissance à des pucerons semblables à eux et qui sortent vivants du corps de leurs mères. Ces générations successives de pucerons asexués se poursuivent jusqu'à l'hiver. Ce mode de génération se rapproche de la génération asexuelle par germes et par spores.

4° *Fécondation*. — Mais chez les animaux supérieurs, la fécondation, c'est-à-dire l'intervention d'un élément mâle est indispensable. Il est aujourd'hui parfaitement démontré par les expériences de Spallanzani, Prévost et Dumas, confirmées par les recherches modernes, que le spermatozoïde est l'agent essentiel de la fécondation et l'*aura seminalis* des anciens est justement dans l'oubli. Pour que la fécondation ait lieu, il faut que le spermatozoïde pénètre jusque dans le vitellus et traverse la membrane vitelline, soit par des pores existant dans cette membrane (micropyle de M. Barry et Kéber), soit en perforant. En outre, il paraît établi que, pour la fécondation d'un ovule, il faut le concours de plusieurs spermatozoïdes; si leur nombre est trop peu, la fécondation est incomplète. Quant au mécanisme de cette imprégnation de l'élément femelle par l'élément mâle, il nous échappe complètement.

En général, même dans les cas d'hermaphroditisme, la fécondation nécessite l'intervention de l'élément mâle et l'élément femelle dans la fécondation appartient à des individus différents. La *self-fertilisation*, comme on l'appelle en anglais, est l'exception, et la double fécondation par accouplement, comme on le voit dans les limaçons,

Et, il semble que la fécondation soit plus puissante et plus efficace quand les deux éléments de cette fécondation proviennent d'individus distincts.

Période embryogénique. — Une fois fécondé, l'œuf suit son développement jusqu'à la formation de l'organisme parfait. Les premiers changements qui succèdent à la fécondation sont la régression du vitellus et la formation du blastoderme.

Segmentation du vitellus est tout à fait assimilable à la division cellulaire endogène. Cette segmentation diffère dans les holoblastes et dans les microblastes. Dans les premiers, elle est totale et le vitellus tout entier se divise en deux, quatre, huit, etc., globules de segmentation; dans les autres, la segmentation est partielle et n'intéresse que le pôle de formation. Chez certains animaux, insectes, arachnides, le mécanisme est un peu différent et a reçu le nom de *polariation*.

Formation du blastoderme, qui sera étudiée dans la Physiologie spéciale, aboutit à la formation de deux feuillets, un feuillet externe, *ectoderme*, et un feuillet interne germinatif, *endoderme*. Ce dernier comprend à la fois le feuillet interne et le feuillet moyen des *mesodermes*. C'est aux dépens de ces deux feuillets que se forme l'embryon. (Pour tout ce qui concerne le développement ultérieur de l'embryon, voir la Physiologie spéciale et le chapitre « Embryologie » des *Nouveaux Éléments d'anatomie*, par Beaunis et Doyère.)

D. — GÉNÉRATIONS ALTERNANTES.

Chez beaucoup d'êtres inférieurs, la sexualité se combine avec la reproduction asexuelle. Ainsi, chez les paramécies, la scissiparité donne un certain nombre de générations; mais, au bout de quelque temps, les individus deviennent plus faibles, les générations moins nombreuses, et la race finirait par s'éteindre si la reproduction sexuelle n'intervenait; le noyau et le nucléole de ces individus se transforment en ovaire et en testicule; le noyau donne naissance à des œufs, le nucléole des spermatozoïdes; les derniers s'accouplent, meurent après l'accouplement, et la génération sexuelle, qui a remplacé la fission asexuelle, donne naissance à de nouvelles générations vigoureuses qui se reproduisent par scission.

jusqu'à ce que leur faiblesse nécessite une nouvelle interruption de la génération sexuelle.

Il en est de même chez les pucerons. Les derniers formés par génération asexuelle sont tellement abâtardis qu'ils n'ont même plus de canal intestinal (Balbiani); alors, à l'approche de l'hiver, apparaissent des mâles et des femelles qui se copulent, et les œufs fécondés produisent de nouveau des pucerons qui écloront au printemps.

Il semble donc qu'il y ait là un fait général. Seule, la génération asexuelle n'a qu'une puissance de reproduction limitée par la sexualité, c'est-à-dire l'intervention de deux individus s'unissant dans l'acte de la fécondation, peut seule assurer la perpétuité des générations qui, sans elle, finiraient par s'abîmer et s'éteindre.

« On pourrait ainsi, dit Cl. Bernard dans une remarquable
« sage, en se plaçant à un point de vue philosophique,
« l'évolution d'un être animal ou végétal comme une
« *parthénogénèse histologique* ou encore de *génération*
« *alternante* d'éléments anatomiques. Dans cette façon de
« voir le phénomène sexuel élémentaire (union d'un élément
« mâle à un élément cellulaire femelle) donnerait une
« cellule, l'œuf fécondé ou germe, douée au plus haut point
« de la puissance plastique et évolutive. De cette cellule
« naîtraient, par modes agames, le nombre immense de
« cellules cellulaires qui formeront le blastoderme et plus
« tard l'organisme animal. Leur fécondité, constamment décroissante,
« aboutit fatalement à la ruine de l'édifice, à la mort de
« l'individu. L'existence individuelle se prolonge aussi longtemps
« que la fécondité asexuée des éléments, aussi longtemps que
« dure l'influence sexuelle du début. L'espèce disparaîtrait
« si, avant épuisement total, deux éléments cellulaires se
« se séparaient de l'organisme pour se comporter comme les
« premiers. Ils formeront, par génération sexuelle, une
« cellule dont l'impulsion évolutive s'étendra à une série
« de générations histologiques agames en s'atténuant successivement.
« Et ainsi l'espèce sera restaurée périodiquement par la

tous les individus ou tous les germes des individus
parmi les partisans de cette théorie, les uns plaçaient
s emboltés dans l'œuf (ovistes), les autres dans la
fondante (*spermatistes*). Certains faits paraissent bien,
r abord, justifier cette théorie, même chez les ani-
érieurs; ainsi le fœtus contient déjà dans son ovaire
ovulaires d'une génération nouvelle. Mais, en réalité,
thèse est insoutenable actuellement, quand bien même
l'aurait pour l'adapter aux connaissances scientifiques

thèse organiques. — Buffon considéra les êtres vivants
e agglomération de molécules organiques comparables
s vivants et ayant chacune leur individualité; l'animal,
hypothèse, n'est autre chose qu'un être complexe; la
qu'une dissociation de ces molécules organiques qui,
liberté, continuent à vivre isolément ou entrent dans
les combinaisons, dans d'autres organismes complexes.
e la théorie des *microzymas* de Béchamp (voir: *Fer-*
is) n'est qu'un rajeunissement de la théorie des molé-
miques de Buffon. Il en est de même de l'hypothèse de
e Gros qui regarde l'homme comme un composé d'uni-
les ou *zoönites*.

thèse (C. P. Wolff). — Dans cette théorie, le germe est
d'une formation qui se renouvelle chaque fois aux
l'organisation existante.

thèse se rapproche plus de la vérité et s'accorde mieux
des connaissances scientifiques, cependant elle ne répond pas à

cessives, et s'il n'y a pas emboîtement dans le sens du mot, il y a du moins préexistence, non pas des générations, mais au moins des conditions organiques qui sont dues les apparitions successives des générations. Dans la génération sexuelle, au contraire, un produit qui se rattache bien par ses caractères aux deux parents préexistants qui lui ont donné naissance, mais qui, par lui-même, est différent du générateur et contient quelque chose d'étranger qui en fait un organisme nouveau.

Mais, à un point de vue plus général, la génération, si l'on l'a vu plus haut, n'est qu'une forme même de la nutrition. Il n'y a, pour le montrer, qu'à suivre dans la série animale les changements successifs que cette fonction éprouve jusqu'aux plus élevés de la série. Un fragment de protoplasma de la masse d'une plasmodie se nourrit et se développe comme un organisme primitif; la génération se confond avec la nutrition avec l'accroissement. Dans les organismes unicellulaires, les organismes pluricellulaires, dont les cellules sont différenciées, il en est de même: chaque partie du tout a le pouvoir de reproduire un être semblable au tout auquel elle appartient. C'est ainsi qu'un morceau de feuille de *begonia* reproduit un végétal entier. Mais à mesure que la division du travail biologique s'accroît, que les tissus se différencient, ce pouvoir, d'abord répandu dans tout l'organisme, se localise de plus en plus; dans le protoplasma, la même substance, c'est-à-dire toute fraction quelconque de la masse, digère, assimile, se contracte, se régénère, se multiplie; mais à mesure que la spécialisation se fait, la localisation des divers actes se produit de plus en plus, une partie de la substance se constitue en fibre musculaire et sert à la contraction; une autre devient cellule glandulaire et sécrète, et ainsi de suite. Sur ces éléments, d'abord indifférents et semblables, se spécialisent comme structure et comme fonctions, ils perdent de plus en plus de ces propriétés fondamentales qui leur sont communes au début; le pouvoir générateur n'échappe pas à la spécialisation, il se localise aussi dans des parties de plus en plus circonscrites, dans un organe plastique par excellence, dans les êtres supérieurs, à seul la faculté de produire des germes des êtres futurs. Mais cet organe plastique, cette

ce se spécialise elle-même de plus en plus; la sexualité; les deux éléments encore inconnus de cette puissance, d'abord confondus dans le même organe, dans la substance, s'isolent et se développent à part, constituant ce que nous appelons élément mâle et élément femelle; mais nous ne connaissons pas complètement la nature de ces deux éléments, la composition de leur substance et le mécanisme de leur action. Ce que nous savons, c'est que lorsque la séparation et la conjugaison sont complets, comme chez les animaux supérieurs, un nouveau fluide intervient forcément dans la génération, la conjugalité de ces deux éléments, autrement dit, la fécondation. La fécondation comprend donc deux actes essentiels et jusqu'à un certain point opposés, une multiplication cellulaire, une conjugaison cellulaire. Le premier acte a son analogue dans les phénomènes ordinaires de l'accroissement cellulaire; le second n'a pas son premier abord sans analogue dans la vie de l'organisme; il pourrait par conséquent le phénomène caractéristique de la fécondation; cependant, en y réfléchissant, il rentre aussi dans les phénomènes ordinaires de la nutrition, et ne pourrait-on pas comparer, la disparition du spermatozoïde dans l'ovule à la disparition d'un grain d'amidon dans une amibe, ou d'un globule dans un globule amœboïde de la rate, et ne pourrait-on voir dans ce phénomène quelque chose d'analogue à une conjugaison? L'élément mâle représenterait, dans ce cas, une cellule qui se mettrait à une puissance supérieure ou plutôt un élément qui se mettrait à préparer et de condenser sous un petit volume la matière plastique nécessaire au développement de

ARTICLE PREMIER. — PHYSIOLOGIE DE LA 1

1. — DIGESTION.

La digestion a pour but de préparer l'assimilation : les pertes de l'organisme et lui fournit les matériaux pour son accroissement ; elle comprend par conséquent tous les phénomènes qui se produisent depuis l'introduction des aliments dans le tube digestif jusqu'au passage dans le sang et dans le tissu des aliments plus ou moins modifiés.

1° DES ALIMENTS.

Il y a une corrélation intime entre la constitution de l'organisme et les aliments que cet organisme doit ingérer. Tant que l'organisme est dans un état d'incertitude, et ces mutations étant la condition même de la vie, les substances qui font partie de l'organisme sont peu à peu renouvelées avec les produits de désassimilation et doivent, par conséquent, être remplacées. Le gain, c'est-à-dire l'assimilation, doit donc être réglé sur la dépense, c'est-à-dire sur les pertes de l'organisme ; s'il ne couvre pas les pertes, le corps perd du poids ; si au contraire, comme dans la première période de la vie, le gain dépasse la dépense, le corps s'accroît et l'accroissement est en rapport exact avec l'excès des entrées sur les sorties.

Quand les pertes de l'organisme atteignent un certain chiffre, l'organisme se trouve dans un état d'équilibre et l'assimilation doit être réglée sur les pertes.

statu quo ; il y a équilibre parfait entre les entrées et les sorties. On peut, dans les conditions ordinaires, chez un adulte, la *ration d'entretien* (terme consacré dans ce sens) aux besoins suivants pour vingt-quatre heures :

	Pour 24 heures.	Pour 1,000 parties
Eau.	2,818 ^{gr}	831 ^{gr}
Principes minéraux.	32	10
Albuminoïdes	120	35
Graisse.	90	27
Hydrocarbonés.	330	97
Total.	3,390	1,000

La seconde colonne indique dans quelles proportions dans une substance alimentaire, se trouvent les différents principes simples pour que cette substance ait le maximum de valeur alimentaire.

Nous allons passer successivement en revue les divers aliments simples :

1° *Eau*. — L'eau de boisson doit remplir certaines conditions : elle doit être fraîche, limpide, sans odeur et d'une saveur agréable ; à défaut d'une analyse complète et exacte, le goût est le meilleur criterium d'une eau potable ; un excellent moyen de reconnaître la pureté d'une eau est d'y ajouter un peu de sucre et de voir en combien de temps s'établit la fermentation. L'eau de boisson doit toujours contenir des gaz et des substances minérales en dissolution et être complètement exempte de matières organiques.

L'eau potable contient 20 à 30 p. 100 de son volume d'air ; cet air est plus riche en oxygène et surtout en acide carbonique que l'air atmosphérique ; l'eau bouillie est indigeste et a une saveur fade. C'est principalement à l'acide carbonique et à l'oxygène que l'eau de boisson doit sa saveur agréable. Cette saveur est bien plus prononcée et acidule dans les *eaux dites gazeuses* naturelles, soit artificielles, si employées aujourd'hui comme boissons de table et qui peuvent renfermer de 250 à 1,000 centimètres cubes d'acide carbonique par litre.

Les substances minérales contenues dans l'eau s'y trouvent en proportion très-variable ; en général, l'eau contient de 10 à 50 centigrammes de résidu fixe par litre, mais elle ne doit pas dépasser 50 centigrammes. Ces substances consistent en sels minéraux, sulfates, chlorures alcalins et surtout terreux.

tableau suivant donne les analyses de plusieurs eaux :

Par litre.	Eau de Selaz A Bercy. -	Canal de l'Ouroq.	Eau d'Autueil.	Puits de Grenelle.
silicique.	0 ^{gr} ,0244	0 ^{gr} ,069	0 ^{gr} ,0306	0 ^{gr} ,0091
de fer	0 ,0005		0 ,0053	—
oxide de fer	0 ,0025		—	—
oxide ferreux	—	—	—	0 ,0032
oxide de chaux.	0 ,1655	0 ,158	0 ,1990	0 ,0580
— de magnésie	0 ,0034	0 ,075	0 ,0082	0 ,0165
— de potasse	—	—	—	0 ,0206
de chaux.	0 ,0269	0 ,080	0 ,1638	—
de potasse	0 ,0060	—	0 ,0201	—
de soude	—	0 ,095	0 ,0054	0 ,0162
de magnésie.	—		—	—
oxide de soude	—	—	—	0 ,0091
oxide de sodium.	0 ,0123	0 ,113	0 ,0376	0 ,0091
— de calcium.	—		—	—
— de magnésium	—		0 ,0166	—
oxide de soude.	0 ,0094	—	—	—
— de magnésie	0 ,0052	—	0 ,0570	—
Total	0 ^{gr} ,2544	0 ^{gr} ,590	0 ^{gr} ,5436	0 ^{gr} ,1428

quantité d'eau de l'organisme et du sang en particulier de une certaine constance, et cette constance est maintenue par l'exhalation pulmonaire et la sueur. Quand cette quantité diminue et tombe au-dessous d'un minimum non encore déterminé, nous ressentons une sensation particulière, la *soif*, localisée principalement dans le pharynx et l'arrière-gorge et accompagnée d'un sentiment de sécheresse des muqueuses buccale et pharyngienne. Mais cette sensation locale ne fait que révéler un état général de l'organisme, la diminution d'eau ; l'excitation directe de la muqueuse n'apporte dans ce cas qu'un soulagement momentané, tant que de l'eau n'est pas absorbée en quantité suffisante, et d'un autre côté les injections d'eau dans les veines calment immédiatement la soif. (Magendie, Dupuytren)

Quand la diminution d'eau devient trop considérable, il survient des lésions particulières qu'on a comparées aux lésions de la fièvre inflammatoire et qui ont été étudiées par M. Th. Brown. Cet observateur a constaté, sur des grenouilles privées (*anhydrisées*) en les plaçant sous des cloches avec du

l'absorption de cette eau par le sang fait hausser le sanguine, et on a toutes les conséquences de cette augmentation de pression (voir . *Circulation du sang*).

2° *Substances minérales* — Les substances minérales aussi indispensables dans l'alimentation. Quand on prive un animal de sels minéraux, on n'en retrouve pas moins des minérales dans les excréments, et dans ce cas elles sont reprises par l'organisme lui-même. Mais cette *demineralisation* de l'organisme ne se produit pas sans troubles profonds qui surviennent surtout sur le système nerveux. (Forster).

D'une façon générale, les substances minérales agissent en activant les phénomènes de nutrition ; il y a là un simple phénomène physique, les cristalloïdes facilement diffusibles facilitent le passage de l'eau à travers les membranes animales. Chacun des principes minéraux a un rôle particulier et spécialement dans la constitution de tel ou tel organe, tel tissu. Nous allons les passer rapidement en revue.

Chlorure de sodium. — Ce sel se trouve partout dans le même, liquides, organes et tissus, aussi est-ce un des minéraux les plus nécessaires dans l'alimentation, ce que l'instinct même de l'homme et des animaux nous le prouve. Nous consommons par jour environ 20 grammes de sel marin par les excréments ; il faut donc que ces 20 grammes se retrouvent dans notre alimentation ; il doit même y en avoir un excès, presque certain qu'une partie du chlorure de sodium subit des transformations dans l'organisme ; ainsi il fournit un chlorure de potassium des glandes comme est démontré.

de du chlorure de sodium en quantité suffisante pour le déficit amené par l'élimination journalière: la plupart des aliments, sauf les os, n'en renferment qu'une proportion minime, et sans vouloir donner à ces chiffres une valeur absolue, on peut dire qu'il nous faut ajouter par jour à notre alimentation pour rester dans de bonnes conditions, de 20 à 25 grammes de sel marin au moins. Il est vrai que d'après les recherches de Voit, lorsqu'on supprime le sel dans la nourriture animale, ou qu'on le remplace par du chlorure de potassium, pendant un certain temps les urines ne contiennent presque plus de sel marin, le sang et les tissus le retenant avec une très-grande avidité; mais il survient alors des troubles qui ont été mentionnés. Voit a du reste constaté son importance dans les phénomènes de diffusion: si on injecte dans le rectum d'un animal une solution d'albumine, cette albumine n'est pas absorbée; elle l'est au contraire si on y ajoute un peu de sel marin. Si on plonge dans un tube formé par une membrane et contenant une solution d'albumine et de sel, cette solution aspire l'eau avec une grande rapidité: tel paraît être le mode d'action des purgatifs salins: ils contiennent plus de sels que le plasma sanguin et aspirent par conséquent l'eau du sang qui passe dans les intestins. Quand l'intestin contient moins de sels que le plasma sanguin, cette solution est absorbée par le sang et est éliminée par les reins.

Il est surtout nécessaire dans l'alimentation des herbivores. On a connu pratiquement, a été mis hors de doute par les expériences de Bunge et expliqué par lui de la manière suivante: les sels de potasse (carbonates, phosphates et sulfates) se trouvent en très-grande proportion dans la nourriture des herbivores. Ces sels, arrivés dans le sang, se décomposent et donnent du chlorure de sodium du plasma, du chlorure de potassium, des phosphates, carbonates, etc., de soude, sels qui se trouvent en excès dans le sang et sont éliminés par les urines: du chlorure de sodium se trouve ainsi enlevé au plasma sanguin, et doit en être introduit une égale quantité par l'alimentation. Chez les carnivores, au contraire, la proportion de sels de potasse dans les aliments serait beaucoup plus faible et la quantité de chlorure de sodium contenue naturellement dans leurs aliments suffirait pour maintenir, sous ce rapport, la composition du sang.

Le sel de potasse. — La potasse se trouve en forte proportion

avec la même quantité de résidu d'extrait de viande (pourvue de sels), en ajoutant pour le premier du chlorure de sodium seul, pour le second du chlorure de sodium, plus de potasse; au bout de quelque temps, le premier chien est faible et dans un état déplorable, le second, au contraire, est fort, vigoureux et d'une musculature très-développée. En dose, les sels de potasse excitent l'activité circulatoire, la pression sanguine, accélèrent et renforcent les contractions du cœur. D'après les recherches de Kemmerich, Aubert, l'action stimulante du café, du thé, du bouillon, de la viande, etc., devrait être rapportée aux sels de potasse. Cette action cesse rapidement de se maintenir dans des doses physiologiques et la dose toxique des sels de potasse est atteinte. (Cl. Bernard, Grandea.)

Sels de chaux. — Les sels de chaux se trouvent dans les os et les dents; mais, en réalité, ils ont une extension beaucoup plus grande dans l'organisme, et il n'est pas de liquide qui n'en contienne des traces, pas de tissu élastique dont les cendres ne renferment une petite quantité de chaux. Le phosphate de chaux a donc pour fonction non seulement de durcir certains tissus et de leur donner une ténacité et une dureté appropriées à leurs usages physiologiques, os, dents, mais il a encore une fonction histogénétique, il contribue à la constitution même des éléments anatomiques. L'alimentation doit, par conséquent, en fournir une quantité suffisante, et cette quantité sera surtout considérable au moment de l'accroissement des os. Cependant l'addition de phos-

Calcium. — La magnésie, qui accompagne à peu près partout et se trouve surtout en forte proportion dans la chair lre, le cerveau et le thymus, provient exclusivement de l'alimentation.

Chlorures. — Ce qui a été dit plus haut du chlorure de sodium et des sels de potasse, me dispense d'entrer dans plus de détails sur le sujet des chlorures.

Carbonates. — Les carbonates, et principalement le carbonate de sodium, n'existent guère que dans le sang ; mais ces carbonates proviennent que pour une faible partie, soit de l'eau minérale (carbonate de chaux), soit des aliments solides et des aliments végétaux ; la plus grande partie provient de l'absorption dans l'organisme : les acides végétaux, tartrates, etc. Aussi s'en trouve-t-il dans le sang des herbivores et dans celui des carnivores.

Phosphates. — Les phosphates ont une très-grande importance dans l'alimentation ; en effet, le sang, surtout celui des mammifères, contient une certaine quantité de phosphates alcalins, les phosphates terreux se rencontrent non-seulement dans les dents, mais, en petite quantité, dans tous les tissus et les os de l'organisme. Ces phosphates proviennent des phosphates contenus dans les substances alimentaires qui en renferment toujours une provision suffisante pour faire face aux besoins de l'organisme.

Sulfates. — L'alimentation et les boissons introduisent tous les jours dans le corps une certaine quantité de sulfates ; mais les données exactes manquent pour préciser si tous les sulfates du sang proviennent de cette source ; il est probable, au contraire, qu'une partie est produite par la désassimilation des albuminoides de l'organisme qui contiennent toutes les bases des acides sulfuriques.

— Le fer ne se trouve guère en quantité notable que dans la matière colorante des globules ; sa quantité peut varier, chez l'adulte, à 3gr,07. Ce fer provient certainement de l'alimentation et des boissons qui en introduisent toujours en quantité suffisante pour compenser ce qui est éliminé par les selles. L'importance du fer dans l'organisme ressort du rôle même de l'hémoglobine et des globules rouges.

Pour terminer ce qui concerne les substances minérales au point de vue de l'alimentation, je donne ici un tableau des prin-

cipales substances alimentaires et des proportions de minéraux qu'elles contiennent pour 100 parties de ces analyses sont empruntées à divers auteurs.

Pour 100 parties de cendres.	Potasse	Chaux	Magnésie	Soude	Chlorure de sodium.	Oxyde de fer	Acide phospho- rique.	Acide nitrique.
Lait de vache .	23,46	17,34	2,20	6,96	4,74	0,47	24,04	0,81
Sang de porc	22,21	1,20	1,21	7,62	41,31	9,10	12,21	1,71
Bouillon ..	43,19	—	—	—	—	—	26,24	2,21
Ext. de viande.	46,12	0,23	1,08	10,45	—	Traces.	30,04	0,31
Chair muscul.	30,40	1,80	3,68	4,48	1,47	1,00	46,74	0,31
Carveau.. ..	32,42	0,72	1,23	10,09	4,74	—	44,17	0,31
Foie de veau .	34,40	1,99	1,45	2,35	10,50	0,27	44,13	—
Bianc d'œuf .	27,66	2,90	2,70	12,09	30,30	1,54	3,10	1,71
Jaune d'œuf .	10,30	13,62	2,20	1,08	0,12	2,80	40,16	—
Ferment. . . .	27,04	1,97	6,60	0,45	—	1,35	62,59	—
Seigle	32,60	2,91	10,16	4,45	—	0,42	47,35	1,01
Orge	20,91	1,47	6,91	—	—	2,10	38,43	—
Haricots	39,51	5,91	0,43	3,98	3,71	1,05	34,50	4,31
Lentilles	34,76	6,84	2,47	13,50	4,63	2,00	36,50	—
Pomm. de terre.	51,21	3,35	13,58	—	2,41	—	11,91	4,31
Navet	27,55	9,76	3,74	12,63	4,91	0,74	4,27	4,31
Asperges	22,85	15,91	0,84	2,27	7,97	5,11	18,22	7,31
Salade	22,37	10,43	5,64	18,50	15,09	2,22	9,39	3,31

3° *Hydrocarbones.* — Les hydrocarbones de l'aliment consistent surtout en amidon et sucres (sucre de cannes). A ce groupe peuvent encore se rattacher d'autres substances dont le rôle est beaucoup moins important, et peut-être les gommes et les mucilages.

Amidon. — L'amidon, sous sa forme ordinaire, se rencontre à la fois dans le règne végétal, tant dans les plantes chlorophylle que dans les plantes dépourvues de chlorophylle. On le trouve dans des parties très-différentes des plantes (tiges, racines manioc, jalap), tubercules (pommes de terre, patates, ignames, etc.), fruits (châtaignes, glands, etc.), dans les graines des céréales et des légumineuses.

Les grains d'amidon sont constitués par des couches concentriques, alternativement plus ou moins denses, et dont la partie organique (noyau de développement) ne coïncide pas avec le centre de figure. D'après les recherches de Nageli, l'amidon se compose de deux substances distinctes : l'une, la *amylose*, soluble dans l'eau, la saïve, et qui se colore en bleu par l'iode ; l'autre, insoluble, analogue à la cellulose et qui se colore en rouge par l'iode. La cuisson prolongée dans l'eau et dans des liquides dilués, la saïve, un grand nombre de ferments, transforment l'amidon en sucre.

1 dextrine et en glycose. L'amidon n'abandonne à n que des traces de substances minérales.

2 d'amidon présentent, en égard à leur provenance, ces de grosseur, de forme et surtout de résistance à qui jouent un certain rôle dans l'alimentation; aussi,

faisons-nous intervenir, dans la préparation de de la fécule, la chaleur et l'humidité qui gonflent et le grain d'amidon et facilitent, par conséquent, l'ac-re des sucs digestifs.

, qu'on trouve dans les racines d'aunée, les topinam-salogue à l'amidon.

animal ou *substance glycogène* qu'on rencontre en ntité dans le foie des animaux, ne sert à l'alimen-ine que d'une façon toute secondaire.

ose constitue les membranes des cellules végétales, s les jeunes végétaux; elle entre donc dans l'alimen-s sa valeur alimentaire, plus que douteuse pour les n'a été établie d'une façon positive que pour les her-les expériences de Meissner.

nes et les *mucilages* (semences de lin et de coing, salep, aient aussi, d'après des recherches récentes faites au de physiologie de Munich, contribuer à l'alimentation.

le *canne et succharates*. — Le sucre de canne ion-seulement à l'état plus ou moins pur dans l'alimen-s son extraction de la canne à sucre, de la betterave, et de l'érable, mais nous en consommons encore ent une certaine quantité avec les végétaux usuels, carotte, navet, panais, persil, melon, citrouille, etc.

: *de lait* ne se rencontre que dans ce liquide et a sur-e très-important dans l'alimentation du nouveau-né.

2. — La glycose ou sucre de raisin existe dans les s, le miel, les boissons fermentées (vin, bière, cidre, etc.), s, et est habituellement associée à une certaine quan-lose, constituant ainsi le sucre interverti. Elle fait aussi is en très-petite quantité, de l'alimentation animale; ie contient un peu de glycose formée, après la mort, is de la substance glycogène; les muscles renferment ne certaine proportion d'inosite ou de sucre musculaire. des hydrocarbonés et des sucres dans l'alimentation é plus loin avec la nutrition.

4° *Graisses*. — Les corps gras naturels, seuls employés dans l'alimentation, sont presque toujours des mélanges de palmitine et oléine, quand cette dernière prédomine, les gras présentent l'état liquide comme dans les huiles; au contraire, ils sont solides, comme dans le beurre et le lard. Les huiles alimentaires sont ordinairement de nature végétale : huiles d'olive, d'amandes douces, d'arachides, etc., tandis que le beurre et les graisses sont de provenance animale. Les gras animaux sont tantôt isolés, beurre, lard, etc., tantôt mélangés à d'autres aliments simples, comme dans le lait, la crème, le beurre cuit, etc., et jouent dans la nourriture de l'homme un rôle bien plus considérable que les huiles végétales.

5° *Albuminoïdes*. — Les aliments simples de ce groupe tiennent soit au règne végétal, soit au règne animal. Dans le premier nous trouvons le gluten qui accompagne l'amidon dans les céréales, la légumine ou caseine végétale qui se trouve dans les pois, haricots, lentilles, etc., en quantité assez abondante. La proportion des albuminoïdes dans les différents aliments a une très-grande importance et sera discutée plus loin, mais en général cette proportion reste au-dessous de celle qu'on rencontre dans les substances animales. Parmi les plus importantes de toutes sont la myosine de la viande musculaire et la caseine du lait; puis viennent les albumines de l'œuf et du serum, la fibrine du sang, l'hémoglobine, et la substance collagène (gelatine) de l'os et du cartilage. La valeur alimentaire sera discutée plus loin.

Le rôle essentiel des albuminoïdes est d'entrer dans la constitution même des tissus, et sous ce rapport les albuminoïdes forment la base même de l'alimentation et de la vie de l'organisme.

6° *Aliments accessoires*. — Ce groupe contient un grand nombre de substances de nature très-différente et dont le rôle n'est pas toujours bien éclairci. Mais ce qui les distingue des catégories précédentes, c'est qu'elles ne sont pas nécessaires à l'alimentation et qu'elles peuvent être supprimées sans nuire à la santé, tandis que les autres sont toutes absolument indispensables. Ce ne sont donc pas des aliments au sens propre du mot, mais des *adjuvants de l'alimentation*. Nous allons passer maintenant en revue les principales de ces substances.

Alcool. — Je ne parlerai ici que du rôle alimentaire

renvoyant au chapitre de la Toxicologie physiologique ce tourne son action toxique. On voyait autrefois dans l'alcool une sorte d'aliment respiratoire, de substance oxydable qui, d'après l'hypothèse de Liebig, se décomposait dans le sang en acide acétique, acide oxalique et finalement en acide carbonique et en eau ; mais les recherches de Lallemand, Perrin et autres, confirmées par d'autres expérimentateurs, ont montré que ce n'est pas ainsi et que la plus grande partie, sinon la totalité de l'alcool absorbé est éliminée : à l'état naturel par la respiration pulmonaire et par les urines ; à l'état de fermentation par les urines. Il n'y a donc plus à l'alcool le rôle alimentaire de l'alcool et le seul rôle qu'on puisse lui attribuer est celui d'excitant local de la muqueuse digestive et d'agent diffusible agissant sur les centres nerveux et produisant l'ivresse. Restreinte dans des limites modérées, cette stimulation n'a pas d'effets nuisibles, au contraire elle facilite les actes de la digestion, elle favorise l'exercice musculaire et l'activité musculaire ; mais l'abus dérive trop souvent de l'usage et transforme la stimulation légère et physiologique en intoxication alcoolique.

Les végétaux. — Les acides végétaux, acides acétique, tartrique, malique, oxalique, tannique, etc., se rencontrent dans le vinaigre, les fruits acides, les légumes, le vin, les boissons acidulées, limonades, etc., et jouent un certain rôle dans l'alimentation. Ils répondent d'abord à une sensation spéciale, la sensation d'acide, dont le besoin se fait par instants, surtout au moment de la soif : ils agissent en excitant la salivation et favorisant par cela même les actes de la digestion, la sécrétion salivaire ; enfin, une fois assimilés dans l'organisme, ils sont oxydés et la plupart sont transformés en acide carbonique ; aussi trouve-t-on dans le sang des animaux voraces une plus grande quantité de carbonate de soude. Les urines contiennent-elles une forte proportion de carbonates alcalins et terreux et très-peu de phosphates.

Les essentielles. — Les essences végétales (essences aromatiques amères, de citron, de genièvre, de poivre, de laurier, etc.) que nous employons souvent comme condiments, agissent à la façon de l'alcool, soit comme stimulants locaux, soit comme stimulants généraux, mais avec des effets spécifiques pour chacune de ces substances, effets qui se produisent avec intensité quand ces essences sont ingérées à haute

dose, et qui, dans ce cas, peuvent être toxiques, comme montre pour l'essence d'absinthe, par exemple. (Magne)

On peut ranger, à côté de ces essences, des produits encore mal connus, poivre, piment, gingembre, qui surtout agir comme irritants locaux des muqueuses nasale, bronchique et stomacale.

Alcaloïdes. — Certains alcaloïdes, caféine, théine, nicotine, entrent dans l'alimentation, mais leur action est controversée (voir : *Toxicologie physiologique*).

b. — Des substances alimentaires

Les substances alimentaires contiennent en général des principes simples, et quelques-unes même, comme le sucre, les contiennent tous et peuvent par conséquent suffire à elles seules pour l'alimentation. Mais il est rare que ces principes simples y soient contenus dans les proportions convenables. On a vu (page 358) que les principes simples ont été indiqués plus haut (page 358); habituellement, un principe prédomine; de là dérive la nécessité de faire varier dans l'alimentation un certain nombre de substances simples, de façon à retrouver finalement les proportions voulues. Ainsi nous avons vu qu'il faut en moyenne à un adulte, pendant quatre heures, 120 grammes d'albuminoïdes et 330 grammes de graisse et d'hydrocarbures: le tableau ci-dessous indique combien il faut des principales substances alimentaires pour retrouver la quantité voulue d'aliments simples.

Pour 120 grammes d'albuminoïdes		Pour 330 grammes d'hydrocarbures et de graisse	
Fromage	350 ^{gr}	Riz	1,364
Lentilles	453	Mais	1,515
Haricots	531	Pain de froment	2,364
Pois	537	Lentilles	2,653
Fèves	544	Pois	9,230
Viande de bœuf	566	Fèves	
Œuf de poule	893	Haricots	
Pain de froment	1,332	Œuf de poule	
Mais	1,515	Pain de seigle	
Riz	2,364	Fromage	
Pain de seigle	2,653	Pommes de terre	
Pommes de terre	9,230	Viande de bœuf	

ès ce tableau, qui donne l'équivalent nutritif des substances alimentaires, quels inconvénients il y aurait à avoir une seule substance dans l'alimentation, par exemple, ingérer par jour 2 kilogrammes et 2 seigle, près de 2 kilogrammes de viande et plus de pommes de terre, si l'on voulait s'en tenir à ces substances.

Le tableau donne, pour les principales substances alimentaires végétales ou animales, les proportions pour les albuminoïdes, de graisse, d'hydrocarbonés et de

	Eau.	Albumi- noïdes.	Graisse.	Hydro- carbonés.	Sels.
maïs	730	175	40	—	11
seigle	730	200	20	—	13
blé	740	135	45	—	15
avoine	985	—	—	—	3
orge	720	130	35	15 à 20	14
son	770	100	100	—	11
farine	700	210	5	—	10
maïs	735	145	150	—	8
seigle	845	110	10	—	6
blé	525	170	290	—	10
avoine	890	40	25	44	1
orge	855	55	45	40	5
son	215	15	770	—	—
farine	370	335	240	—	55
maïs	130	135	20	695	20
seigle	140	105	20	615	15
blé	145	120	25	680	25
avoine	105	90	40	735	25
orge	120	80	50	730	12
son	90	50	7	845	5
farine	145	80	—	755	13
maïs	130	130	10	610	10
seigle	430	90	—	450	10
blé	440	90	—	400	15
avoine	145	225	20	575	23
orge	160	225	20	540	24
son	130	220	15	575	25
farine	115	265	25	580	16
maïs	725	15	1	235	10
seigle	535	45	10	395	15

bya.

	Eau.	Albumi- noïdes.	Graisse.	Hydro- carbonds.
Navets.	850	15	2	135
Choux-raves	800	20	3	170
Choux-fleurs	920	5	—	20
Poires.	840	2	—	100
Pommes	820	5	—	80
Cerises.	750	7	—	100
Raisin.	810	7	—	150
Vin	860 à 920	—	—	5
Bière	900	—	—	60

L'étude des différentes substances alimentaires est du domaine de l'hygiène et ne peut être traitée ici d'une façon détaillée, je bornerai uniquement à quelques indications nécessaires pour bien comprendre les phénomènes physiologiques de la digestion.

Il est rare que les substances alimentaires soient utilisées par nous dans l'état même dans lequel la nature nous les fournit. Ordinairement ces substances subissent une préparation qui modifie plus ou moins, les transforme et les rend plus agréables au goût et plus facilement digestibles; on pourrait même comparer l'apprêt culinaire des aliments à une sorte de *digestion artificielle préparatoire* précédant et facilitant la digestion réelle définitive. Malheureusement, la *chimie culinaire* est restée entière à créer et cette branche si importante de l'hygiène alimentaire est presque complètement laissée de côté par les auteurs, sauf quelques travaux isolés, comme ceux de Pasteur sur les vins, et de Liebig sur la viande et le bouillon.

L'eau, la chaleur, les condiments et assaisonnements, sont les trois agents principaux employés dans la préparation des substances alimentaires. L'eau agit à la fois en ramollissant les substances insolubles, comme dans les potages, les soupes, et en dissolvant les principes solubles, comme dans le bouillon, les infusions; elle est aussi le véhicule obligé de la plupart des assaisonnements. La chaleur modifie encore plus profondément les substances alimentaires, et suivant que la cuisson est lente ou rapide, qu'elle se fait à feu nu, à la vapeur, au bain-marie, qu'elle s'ajoute à l'action de l'eau ou qu'elle est portée au-dessus de 100° par l'intervention de corps gras, les aliments acquièrent des caractères différents dont la variété joue un rôle essentiel dans une alimentation perfectionnée. Les condiments et les assaisonnements

ties assimilables des aliments sont séparées des parties
ilables, ligneux, cellulose, etc.;

ments sont rendus plus accessibles aux sucs digestifs,
il arrive pour les substances déjà gonflées par l'eau ou
es par la cuisson;

ies solubles sont dissoutes et par suite absorbées plus ra-
tels sont les sels de la viande dissous dans le bouillon;
ments simples contenus dans les substances alimentaires
entres et condensés sous un petit volume, comme
consommés, les jus de viande, etc.;

trétions digestives sont excitées; tel est le rôle des
poivre, de l'alcool, etc.;

ments sont rendus le plus agréables possible au goût et
, soit par le mode même de préparation, soit par l'ad-
saisonnements particuliers;

stances alimentaires sont mélangées ensemble de façon
per par ce mélange leurs propriétés gustatives et leur
té;

ments se succèdent dans un repas suivant un certain
ne certaine gradation propres à les faire valoir les uns
lres;

l'une façon générale, la capacité digestive est augmentée
ble façon, d'une part par l'augmentation de digestibilité
de, de l'autre par l'augmentation des sécrétions digestives.
lons passer rapidement en revue les principales sub-
imentaires.

La viande peut être cuite de plusieurs façons; elle peut être rôtie, cuite dans la vapeur ou bouillie. Quel que soit le mode de cuisson, la température intérieure de la viande ne doit pas dépasser 70°, point de coagulation de l'albumine; en effet, si le morceau de viande est assez gros, un thermomètre placé à l'intérieur ne marque jamais plus de 70°; à cette température la viande est cuite; à 56°, elle est rouge, incuite.

La *viande rôtie*, soit à feu nu, soit dans son jus, soit dans l'huile, etc., est soumise à une chaleur très-vive (plus de 200°) qui coagule l'albumine de la couche extérieure; cette couche superficielle devient dure, rissolée et forme une sorte de coque qui ne se laisse pas traverser par les sucs de la viande qui, fréquents, restent dans l'intérieur de la viande et lui donnent son goût. La viande rôtie perd, par évaporation de l'eau, 15 p. 100 (veau) à 24 p. 100 de son poids (poulet).

La *viande bouillie* dans l'eau laisse passer dans le bouillon presque tous ses sels solubles, environ 82,57 p. 100 de son poids ne reste guère dans la viande que les phosphates terreux et un peu de potasse. Voici, du reste, les chiffres d'après Kelle

	Cendres de la viande, pour 100.	Quantité passant dans le bouillon.
Acide phosphorique	36,60	26,24
Potasse	40,20	35,42
Terres et oxyde de fer	5,69	3,15
Acide sulfurique.	2,95	2,95
Chlorure de potassium	14,81	14,81
	<hr/> 100,25	<hr/> 82,57

La viande abandonnée en outre au bouillon des matières extractives (créatine, créatinine, acide lactique, acide inosique, etc.), la gélatine, surtout chez les jeunes animaux. D'après Liebig, 10 parties de bœuf donnent 6 parties de gélatine sèche, 1,5 parties de veau en donnent 47,5.

Le bœuf bouilli perd environ 15 p. 100 de son poids. L'ébullition coagulant l'albumine des couches superficielles, empêche la pénétration de l'eau, de sorte que les substances solubles, sels, gélatine et matières extractives ne passent pas dans le bouillon et qu'une partie reste dans la viande qui conserve encore sa saveur, tandis que cette saveur est perdue quand la viande est tout à fait épuisée de ses principes

illon ainsi obtenu représente par conséquent une solution de sels et de matières extractives, avec un peu soluble en quantité d'autant plus forte que la cuisson prolongée; en outre, la graisse de la viande liquéfiée se mélange mécaniquement au bouillon; l'addition au feu augmente la force du bouillon spécialement en sels minéraux; 1 kilogramme de fémur contient 9 grammes de chlorure de sodium; l'addition de sel donne surtout son goût et son arôme.

L'alimentaire du bouillon a été et est encore très-discutée. Pour les uns, le bouillon n'a aucun rôle alimentaire; d'autres, il a une valeur réelle, mais les uns l'attribuent aux matières extractives, les autres à la gélatine, les autres à ce qu'il y a de certain, c'est que l'action stimulante et nutritive du bouillon est incontestable. D'après des recherches récentes, cette action du bouillon serait surtout due aux sels de sodium (on a mentionné plus haut les propriétés physiologiques de l'isomermich). Ce qui tendrait à le faire croire et ce qui prouverait qu'il s'agit plutôt là d'une stimulation simple que d'une alimentation réelle, c'est que la restauration produite par le bouillon après un jeûne, une longue marche, etc., est imitant aussi : *Théorie des peptogènes*, de Schliff.)

Le bouillon de viande, de Liebig, obtenu par l'épuisement de la viande dans l'eau, ne paraît agir que par ses sels minéraux et surtout par les sels de potasse qu'il contient; il ne peut, sous aucun point de vue, remplacer la viande dont il ne renferme que des principes alimentaires, que les principes minéraux possèdent en aucune façon les propriétés alimentaires qui ont été attribuées au début par Liebig. Voici une analyse du bouillon de viande, par Bunge :

Eau.	17,9 p. 100.
Cendres	21,9 —
Matières organiques. . .	60,2 —

La composition des cendres d'extrait de viande a été donnée page 364. Le bouillon cuit à la vapeur tient le milieu entre la viande rôtie et le bouillon.

Le bouillon salé perd une partie de ses principes solubles (matières organiques et minérales), qu'elle abandonne à la saumure; le sel qui recouvre la viande lui enlève une partie de

son eau et cette eau entraîne avec elle des principes solubles
le tableau suivant donne la composition des cendres de la viande
fraîche et de la viande salée :

Pour 100 parties de cendres.	PORC.		Bœuf.	
	Frais.	Salé.	Frais.	Salé.
Potasse	37,79	5,30	35,94	24,7
Soude	4,02	—	—	—
Magnésie	4,81	0,54	3,31	1,4
Chaux	7,54	0,41	1,73	0,1
Potassium	—	1,25	5,36	—
Sodium	0,40	34,06	—	16,4
Chlore	0,62	53,72	4,86	25,4
Oxyde de fer	0,35	—	0,98	—
Phosphate d'oxyde de fer .	—	0,10	—	1,4
Acide phosphorique . . .	44,47	4,71	34,36	21,4
Acide sulfurique	—	0,12	3,37	0,4
Silice	—	—	2,07	0,4
Acide carbonique	—	—	8,02	—

Dans la viande *fumée*, l'albumine de la couche superficielle est coagulée par la créosote et constitue une enveloppe imperméable qui empêche l'abord de l'air extérieur et s'oppose à la putréfaction. Les produits qui se forment dans ce cas ne sont, du reste, que très-incomplètement connus.

Dans d'autres cas, au contraire, au lieu d'enrayer la décomposition de la viande ou la recherche, comme dans le gibier salé, et cette décomposition, au lieu de nuire à la qualité de la viande, ne fait que développer son arôme et son fumet.

Le règne animal fournit très-peu d'aliments hydrocarbonés ; l'amidon, la dextrine, le sucre n'existent qu'en quantité très-faible dans certains organes ou dans la chair musculaire ; le lait, par son sucre de lait, fait exception sous ce rapport. Le défaut d'hydrocarbonés est suppléé par la présence des graisses abondantes dans l'organisme animal et dont on augmente encore la production en vue de l'alimentation.

Les substances alimentaires d'origine végétale présentent de grandes différences dans leur composition et dans la proportion d'aliments simples qu'elles contiennent. Si l'on classifie les substances alimentaires d'après les proportions de principes azotés qu'elles renferment, on a les groupes suivants :

légumineuses (pois, haricots, fèves, lentilles, etc.) Les légumineuses sont très-riches en albuminoïdes, et il n'y a, parmi les aliments d'origine animale, que le fromage qui l'emporte sur elles à ce rapport. (Voir le tableau page 368.) Voici leur composition moyenne :

Eau	137
Albuminoïdes	234
Hydrocarbonés	569
Extractif	18
Graisse	20
Sels	22
	<hr/>
	1000

Grâce à cette forte proportion de caséine végétale que les légumineuses préparent avec les pois un fromage véritable, le *toa-foo*, vendu dans les rues de Canton. Les légumineuses contiennent en général fort peu de sucre.

Céréales. Si on range les céréales d'après leur quantité de substances azotées, en allant du plus au moins, on a la série suivante : Froment, orge, seigle, avoine, maïs, sarrasin, riz. Le froment contient 135 pour mille, le riz 50 pour mille seulement. Les céréales sont employées pour l'alimentation sous des formes diverses ; mais le plus important de ces produits est le pain. La cuisson a pour but de rendre la farine plus digestible en soumettre à la double influence de la chaleur et de la fermentation. La mie se cuit à 100° ; la croûte seule est portée à la température de 210° environ. Le pain, une fois cuit, contient encore 60 p. 100 d'eau et 40 p. 100 de matière sèche. A Paris 100 kilogrammes de farine donnent 180 kilogrammes de pain blanc. La cuisson du pain et de la viande constitue une excellente alimentation, et cette combinaison est du reste la base de la nourriture habituelle partout où existe une certaine aisance.

Patates, qui, dans certains pays pauvres, jouent un rôle important dans l'alimentation, peuvent être rapprochées des céréales ; mais leur proportion d'albuminoïdes (44 pour mille) est encore inférieure à celle du riz.

La pomme de terre constitue un groupe à part ; sa valeur nutritive est beaucoup au-dessous de celle des végétaux précités à cause de la plus grande quantité d'eau qu'elle contient et qu'à cause de sa faible proportion d'albuminoïdes (10 à

20 pour mille). On peut placer à côté d'elles quelques navet, chou-rave, etc., qui renferment une quantité d'albuminoïdes, mais dont l'usage alimentaire est bien important. Les hydrocarbonés de ces deux légumes (surtout en dextrine et en sucre, ce qui les distingue de la terre qui contient surtout de l'amidon et très-peu de trine.

4° *Légumes herbacés*. Les légumes herbacés (chou-laitue, asperges, artichaut, épinards, oseille, etc.) présentent une composition très-variable; mais ce qui les caractérise, c'est leur forte proportion d'eau et leur petite quantité d'albuminoïdes et d'hydrocarbonés.

5° *Fruits*. Les fruits se rapprochent du groupe précédent par leur forte proportion d'eau; ils renferment du sucre, des matières organiques et du mucilage. Ils ne possèdent que de très-petites quantités d'albuminoïdes.

Boissons. — Les boissons peuvent être divisées en alcooliques, sucrées, acidules, gazeuses et infusions (café), aromatiques, etc.

Les *boissons alcooliques* se classent en deux groupes, selon la quantité d'alcool qu'elles renferment. Le premier groupe comprend le vin, la bière, le cidre, etc., boissons dans lesquelles la proportion d'alcool ne dépasse pas 25 p. 100 et reste même bien en deçà; le second comprend les eaux-de-vie obtenues par la distillation ou par d'autres procédés.

Le tableau suivant donne les quantités d'alcool contenues dans le vin et la bière.

Vin de Bordeaux blanc, le moins spiritueux	7,0	Vin de Malaga	
Vin de Bordeaux rouge, le moins spiritueux	7,5	— de Roussillon	
Vin de Mâcon rouge	7,6	— de Madère	
— de Bordeaux rouge, le plus spiritueux	11,0	Bière douce de Brunswick	
Vin du Rhin	11,1	— de France	
— de Champagne mousseux	11,6	— de Mars	
— de Côte-Rôtie	12,4	— double de Munich	
— de Lunel	14,2	Bockbier	
— de Sauterne	15,0	Salvator	
		Bière de Brunswick	
		Bières fortes d'Angleterre	

c.), etc.

re contient de l'alcool, du sucre, de la dextrine, de la le l'acide carbonique, les principes amers et aromatiques on, des restes de gluten, de la graisse, de l'acide lactique e minéraux qui se rapprochent des cendres de l'extrait e. Mitscherlich a trouvé dans les cendres de la bière) de potasse et 20 p. 100 de phosphore. La bière a donc n réellement nutritive et, outre son caractère de boisson e, agit encore par ses sels de potasse.

ux-de-vie et liqueurs renferment de 40 à 65 p. 100 nquel elles doivent leurs propriétés. Une classe à part e par les liqueurs qui contiennent non-seulement de mais des substances particulières, comme l'essence e et quelques autres dont la nature toxique a été dé- dans ces derniers temps et dont les effets s'ajoutent aux uite par l'alcool. (Magnan.)

issons sucrées et acidules, sirops, limonades, etc., doivent priétés au sucre et aux acides organiques qu'elles con- Il suffira donc de les mentionner. Il en est de même des gazeuses qui agissent par l'acide carbonique qu'elles nt, acide carbonique dont l'influence, encore peu expli- siste probablement en une excitation légère de la e digestive, outre son action gustative réelle.

et le café ne peuvent être considérés comme des bois- mentaires, à proprement parler ; ce sont, aux doses habi- les excitants généraux agissant surtout sur le système

de l'alimentation, mais ces accessoires ont fini par y prendre place de plus en plus large, de telle façon que l'art et de varier les assaisonnements constitue une partie de l'art culinaire. L'étude des divers condiments ressort de l'hygiène; il me suffira de dire que la plupart d'eux agissent soit en flattant le goût, soit en excitant les digestives. Du reste, certains aliments simples, comme le sel, sont employés aussi comme condiments.

La température à laquelle sont ingérées les boissons varie dans des limites considérables, depuis les boissons chaudes, comme le café, le thé, jusqu'à la température maximum que la muqueuse buccale peut supporter. Les boissons froides déterminent souvent des accidents. La cause est encore peu expliquée, mais, d'après L. R. Gaux, devrait être cherchée dans une augmentation de la pression sanguine.

Un dernier fait à noter, fait intéressant pour la physiologie, c'est que la réaction de la plupart de nos aliments et boissons est acide. Cette acidité tient en général à la présence d'acides organiques.

Bibliographie. — MOLENDORT (Physiologie der Nahrungsmittel). — LESCHOTT. *De l'Alimentation et du Régime*. Paris, 1854. — *Etudes alimentaires* 4^e édition, Paris, 1965.

2^e ACTION DES SÉCRÉTIONS DU TUBE DIGESTIF SUR LES ALIMENTS.

La plupart des aliments, pour être utilisés dans l'organisme, doivent subir dans le tube intestinal des modifications. Sans cela ils ne sont pas assimilables, et quand ils sont introduits dans le sang, ils sont éliminés en nature par les urines et en particulier par l'urine. Les aliments transformés en produits assimilables, au contraire, une fois absorbés, pénètrent dans l'organisme et ne se retrouvent pas dans les urines. Le sucre de canne, par exemple, pour être assimilé, doit être transformé en glycose; aussi si on injecte du sucre de canne dans les veines ou dans le tissu cellulaire d'un animal, le sucre de canne se retrouve intact dans les urines, tandis que si on injecte dans les mêmes conditions du sucre de canne transformé en glycose, la glycose est assimilable, le sucre de canne ne se retrouve pas dans les urines.

de même de l'albumine : l'albumine injectée dans les reins est éliminée par les urines ; l'albumine digérée ou peptone est (Schiff.)

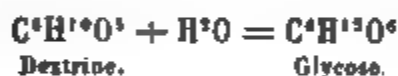
Les digestions des aliments sont accomplies par une série de déversés dans toute la longueur du tube intestinal, avec lesquels les aliments se mettent en rapport dans ce canal. Nous allons étudier successivement des différentes sécrétions sur les aliments.

Action de la salive sur les aliments.

La salive (voir page 145 pour son étude chimique) n'agit que sur une espèce d'aliments, les aliments féculents ou l'amidon se transforme d'abord en dextrine puis en glycose en présence de l'eau ; la réaction est exprimée par les équations

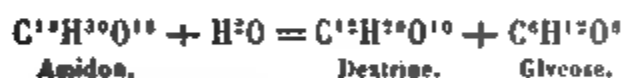


Amidon. Dextrine.

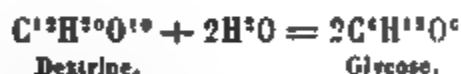


Dextrine. Glycose.

en employant les formules indiquées page 202 :



Amidon. Dextrine. Glycose.



Dextrine. Glycose.

Pour que cette transformation se produise, il faut que le liquide soit à la température de 35° environ ; quand la température est plus basse, l'action est beaucoup plus lente ; quand elle atteint 70°, elle est complètement arrêtée par la destruction de l'enzyme.

La transformation se produit dans un milieu neutre ou faiblement acide, et même, quoique moins activement, dans un milieu faiblement acide ; un excès d'alcali ou d'acide (plus de 1 p. 100 d'acide chlorhydrique par exemple) l'arrête complètement ; mais l'enzyme se reparaît par la neutralisation de la liqueur, pourvu que la quantité d'acide ou d'alcali n'ait été trop considérable et que la proportion de glycose formée atteigne un certain

chiffre, 1,5 à 2,5 p. 100, la saccharification s'arrête et ne recommence de nouveau si on étend la liqueur.

La transformation est beaucoup plus rapide avec l'amidon cuit qu'avec l'amidon cru, avec le premier elle ne se fait qu'en quelques heures, et il faut renouveler souvent la salive en maintenant le mélange à 35 degrés. D'après O. Hanumant, différentes sortes d'amidon ne présentent pas le même degré de résistance à l'action de la salive; il a trouvé les chiffres suivants pour le temps nécessaire pour saccharifier diverses sortes d'amidon cru avec de la salive d'homme :

Amidon de pomme de terre . . .	2 heures à 4 heures
— de pois	1 h. 3/4 à 2
— de blé	30 minutes à 1
— d'orge	10 — à 1 1/2
— d'avoine	5 — à 7
— de seigle	3 — à 6
— de maïs	2 — à 3

En pulvérisant l'amidon avant de faire agir la salive, la saccharification se faisant pour toutes les espèces d'amidon presque dans le même temps.

Dans cette saccharification de l'amidon, la salive agit pour dissoudre la granulose et la transforme en dextrine, glycose; aussi trouve-t-on dans la liqueur, suivant la durée de l'action, soit un mélange de dextrine et de sucre, soit du sucre seulement. La cellulose d'amidon reste au contraire intacte; les grains d'amidon paraissent sous le microscope sous leur forme primitive, mais avec une structure feuilletée plus marquée; ils divisent plus facilement par la pression en lamelles écailleuses fragiles, ils ont alors perdu la propriété de bleuir par l'iode, ils les colore en rouge.

Pour reconnaître la présence de la glycose dans l'amidon cuit soumis à l'action de la salive, on se sert ordinairement de la liqueur de Barreswill (voir page 66), mais la fermentation alcoolique est le procédé le plus sûr pour déceler la présence du sucre.

Quand on verse goutte à goutte de l'empois d'amidon cuit par l'iode dans de la salive à 35°, cet empois se décolore immédiatement (Vintschgau); mais cette décoloration ne prouve pas, comme on l'a prétendu, la présence de la glycose, en effet, dans ce cas le réactif de Barreswill ne donne pas de précipité.

mière simplement l'iode à l'amidon et forme avec lui un incolore: il est probable qu'il se forme de l'acide iodhydrique en présence des matières organiques; l'urine, le suc pancréatique, le sérum musculaire ont la même action. (Schiff.)

L'action de l'empois dans la salive n'est pas non plus, à l'a cru, une preuve de sa transformation en glycose. et même la salive non saccharifiante de certains animaux dissout plus d'amidon que l'eau à la même température; cette liquéfaction peut tenir à la formation d'amidon

en présence des autres sucs digestifs ne paraît pas empêcher l'action de la salive sur l'amidon; aussi se continue-t-elle dans l'eau mais plus lentement; il semble du reste y avoir sous ce rapport de très-grandes variétés individuelles.

L'activité saccharifiante de la salive mixte est due à la ptyaline, et à une altération des principes contenus dans la salive. On observe de très-grandes différences d'intensité d'action suivant l'espèce animale. La salive mixte de l'homme est très-active, mais plus cependant que celle du cabiai qui agit presque instantanément; celle des herbivores l'est plus que celle des carnivores. Chez le chien, l'action saccharifiante ne commence qu'après quelques minutes; chez le chat, elle est très-lente et n'agit qu'au bout d'une heure. Le genre d'alimentation paraît avoir peu d'influence sur la puissance saccharifiante de la salive; elle est plutôt une affaire d'organisation.

M. Bernard. le rôle chimique de la salive serait un rôle accessoire dans la digestion naturelle chez l'animal. La salive n'aurait à remplir qu'un rôle purement mécanique en rapport avec la mastication, la gustation et la déglutition. Il est certain qu'on a beaucoup trop exagéré l'action saccharifiante de la salive, et que la transformation de l'amidon en glycose est surtout due au suc pancréatique; cependant l'assertion de M. Bernard nous paraît trop absolue, surtout chez les animaux et chez l'homme.

des salives partielles sur l'amidon. — Chez toutes les salives partielles, sauf peut-être le liquide buccal, transforment l'amidon en glycose. Cependant M. Bernard leur refuse toute action saccharifiante et ne reconnaît qu'à la salive mixte.

L'action des salives partielles chez les animaux est faible, et les auteurs sont loin de s'accorder sur ce sujet.

La salive parotidienne, d'après Cl. Bernard, n'a que des usages mécaniques, comme agent d'imbibition et de mouvement dans la mastication, et serait sans action sur l'assimilation. Pendant d'autres physiologistes ont constaté sa propriété assimilante chez le mouton, le lapin, et quoique à un plus faible degré chez le chat et le chien.

Pour la salive sous-maxillaire, il en est de même chez les carnivores, la plupart des observateurs l'ont trouvée sans action et elle ne servirait qu'à la gustation des aliments. Chez les herbivores, au contraire, elle agit énergiquement. D'après Schiff, chez le lapin, exception qui n'a pas été confirmée par d'autres expérimentateurs.

La salive sublinguale paraît se comporter comme la salive sous-maxillaire. Pour Cl. Bernard, c'est la salive de la cavité buccale.

b. Action du suc gastrique sur les aliments.

Le suc gastrique voir page 155 pour son étude. Il n'agit que sur les aliments azotés, que sur les substances albuminoïdes. Il les transforme en *peptones* albuminoïdes, en corps facilement solubles et diffusibles, susceptibles d'être absorbés, de passer dans le sang et d'y circuler.

Les peptones se distinguent des albuminoïdes dont elles dérivent par les caractères généraux suivants :

- 1° Elles sont toujours facilement solubles dans l'eau.
- 2° Elles ont une très-grande diffusibilité, leur osmoticité est très-faible ; aussi la dialyse est-elle un moyen de séparer les peptones des autres substances albuminoïdes ;
- 3° Elles ne précipitent pas par l'ébullition ;
- 4° Elles ne précipitent pas par les acides minéraux, par les sels métalliques, chlorure de fer, sulfate de fer, etc. Elles précipitent par l'alcool absolu des solutions concentrées en flocons blancs grisâtres solubles dans l'alcool.
- 5° Injectées dans le sang, elles ne reparaissent pas à l'état d'albumine.

ières des peptones varient un peu suivant la substance qui en est le point de départ, et pour une même substance on en trouve plusieurs variétés, bien étudiées par Brücke, Corvisart, Meissner,

et on peut à ce point de vue distinguer les substances suivantes. Les uns, comme la métapeptone et peut-être la parapeptone, ne sont que des formes de transition ; les autres, peptones proprement dites, sont des produits terminaux définitifs de la digestion gastrique.

III. — La peptone se présente sous trois états distingués sous les noms de *peptone A*, *peptone B* et *peptone C* ; ils sont très-solubles dans l'eau et les acides dilués ; elles se distinguent les unes des autres par les caractères suivants :

A : elle précipite des solutions neutres par l'acide nitrique et des solutions très-légèrement acidulées avec l'acide acétylferrocyanure de potassium ;

B : elle précipite par le ferrocyanure et ne précipite pas par l'acide nitrique ;

C : elle ne précipite par aucun des deux réactifs.

Parapeptone. — Elle précipite des solutions faiblement acides ou alcalines par l'alcool mélangé d'éther ; elle précipite des solutions par des solutions concentrées de différents sels neutres, sulfate de soude ; l'action prolongée du suc gastrique ou du suc pancréatique la rendent insoluble, et c'est cette modification insoluble qu'on a appelé la *dyspeptone*. D'après Brücke et V. Wittich, la parapeptone se transformerait à la longue en peptone ; d'après Schuff, cette transformation n'aurait jamais lieu. Quant à la *dyspeptone*, elle ne paraît pas se produire dans la digestion naturelle.

Peptone. — Si le liquide est préalablement neutralisé et qu'on y ajoute la parapeptone par la filtration, l'addition d'une très-petite quantité d'acide (plus de 1 pour mille) donne un précipité floconneux de peptone, soluble dans un excès d'acide et qui se reforme dans les sels minéraux concentrés.

En allant aussi loin que possible les digestions artificielles, on ne trouve que la parapeptone et la peptone C. Par contre, dans la digestion naturelle, on rencontre surtout les formes A et B, et la transformation en peptone C se fait surtout dans l'intestin.

Des auteurs ont encore admis un degré plus avancé de transformation, la production de leucine et de tyrosine.

La formation des albuminoïdes en peptones est produite par l'action de la pepsine ; mais celle-ci ne peut agir qu'en présence d'un acide et la transformation ne se fait pas dans un milieu alcalin.

Certaines conditions favorisent ou retardent cette transforma-

tion ; elle est accélérée par une température de 36° à 38° et par l'agitation, empêchée au contraire par une température basse (au-dessous de + 5°) ou trop élevée (au delà de + 40°). Un excès d'acide, d'alcali, d'alcool, en un mot par tout peut amener la destruction de la pepsine. La présence d'un excès de peptones dans la liqueur arrête aussi la digestion.

Pour étudier plus en détail les phénomènes intimes de la digestion stomacale et ses diverses phases, on emploie des digestions artificielles, soit l'introduction des aliments dans le tomac par des fistules gastriques.

A. — DIGESTIONS ARTIFICIELLES.

Les digestions artificielles se pratiquent avec du suc gastrique artificiel, ou avec du suc gastrique naturel extrait de fistules gastriques (page 155) ; les substances sur lesquelles on fait agir le suc sont placées dans une étuve maintenue par un régulateur à température constante de 38° environ.

P. Grützner et A. Grünhagen ont imaginé des procédés ingénieux pour rendre sensible aux yeux la puissance digestive d'un liquide.

Procédé de P. Grünhagen. On met de la fibrine dans un acide chlorhydrique à 0,2 p. 100 ; elle se gonfle et forme une masse gélatineuse qu'on place dans un entonnoir avec ou sans filtre et on ajoute du liquide digérant ; au bout de quelques minutes, on voit le liquide de fibrine digérée couler dans l'entonnoir avec plus ou moins de rapidité, suivant la rapidité de la digestion. — *Procédé de P. Grützner.* On colore la fibrine par du carminate ou du picrocarminate d'ammonium. À mesure que la digestion de la fibrine se produit, la liqueur prend une couleur rougeâtre, la fibrine en se dissolvant abandonnant sa matière colorante.

1° Action du suc gastrique sur les aliments.

1° *Fibrine.* — La fibrine commence par se gonfler, puis se dissout peu à peu en donnant une solution fortement opalescente qui n'est pas troublée par la chaleur ; on retrouve dans la liqueur les différentes espèces de peptones énumérées plus haut. Cette digestion de la fibrine est très-rapide, aussi la choisit-on elle est employée pour apprécier la puissance digestive d'un suc gastrique. La puissance digestive qui se mesure, soit par la vitesse avec la

Les morceaux d'albumine coagulée, les autres sont au
premiers; ils se gonflent, deviennent transparents,
à peu se réduisent en une pulpe caseuse et finissent
soudre en un liquide clair qui contient environ $\frac{2}{3}$ de
et $\frac{1}{3}$ de parapeptone.

fine. — Elle forme d'abord une solution trouble qui se
bientôt en se prenant en gelée, puis se liquéfie et donne
le clair qui contient des peptones, de la metapeptone,
la quantité de parapeptone et un résidu de dyspeptone
(des matières albuminoïdes). La caséine paraît être un
des plus difficilement digérés.

fin. — Le gluten cru est digéré très-rapidement par le
liquide, et, dans ce cas, il ne présente pas la couche pul-
precouvre les autres substances albuminoïdes. Quand il
la digestion se fait comme celle de l'albumine coagulée.
tonine ou fibrine musculaire. — La syntonine, obte-
nue en coagulant le suc musculaire par l'acide chlorhydrique à
et la neutralisant ensuite, donne une gelée cohérente qui
contient beaucoup de metapeptone et des peptones d'une nature
fine.

légumine végétale ou legumine. — La légumine se digère
rapidement dans le suc gastrique; d'après Schiff, un suc acide,
pourvu de pepsine, opère cette digestion, la légumine
est déjà une substance analogue à la pepsine.

gélatine. — La gélatine (provenant des os, des tendons, etc.)
se dissout rapidement dans le suc gastrique sans se convertir préa-

de chercher à faire la part qui revient à chacun d'eux dans la digestion.

1° *Rôle de l'acide.* — Si l'on fait agir les acides dilués sur des matières albuminoïdes liquides (albumine du blanc d'œuf, par exemple) soit à froid, soit à chaud, une partie de cette matière finit bien par se transformer en albumine incoagulable, à la parapeptone, qui se précipite si on neutralise la solution. La liqueur est très-faiblement acide, mais elle se dissout à la parapeptone parce que celle-ci est soluble dans l'eau. Elle ne précipite pas à 100 degrés dans les solutions dont on a modifié l'acidité, et surtout parce que, mise en présence du suc gastrique, elle reste inaltérée (fait que cependant par quelques auteurs), tandis que l'albumine, rendue incoagulable par l'acide, disparaît dans le suc gastrique en donnant de la pepsine et la parapeptone.

Les matières albuminoïdes solides sont solubles dans les acides, mais il faut que ces acides soient excessivement dilués (4 millièmes d'acide chlorhydrique, par exemple), et que la quantité d'albumine dissoute est toujours très-faible.

Ces faits semblent prouver que l'acide seul ne suffit pas pour accomplir la digestion. Agit-il pour préparer la digestion ? Quoi consiste alors cette préparation ? On a cru d'abord qu'elle consistait en un gonflement préalable de la substance albumineuse. Ce gonflement existe en effet, mais il n'est pas indispensable. On entoure de la fibrine avec un fil de façon à empêcher le contact de la masse, la digestion ne s'en fait pas moins.

D'après Meissner, les corps albuminoïdes liquides ne peuvent être digérés que s'ils ont subi la modification qui les rend solubles dans l'eau, or, pour que cette action se produise, il faut un excès d'acide; si cet excès d'acide n'existe pas, les albuminoïdes liquides ne peuvent être digérés, les albuminoïdes solubles seuls le sont, c'est ce qui arrive, par exemple, quand on ajoute au suc gastrique un excès de pepsine qui neutralise l'acide. Pour employer l'expression technique, une certaine quantité d'acide libre est nécessaire. Mais outre l'acide libre qui, dans le suc gastrique, agit pour préparer les albuminoïdes à la digestion, il faut encore une autre quantité d'acide liée à la pepsine et qui constitue l'agent de la digestion proprement dite. En effet, l'acide libre est sans action sur les substances albuminoïdes quand l'aliment a été préparé par un acide. C'est ce qui

l'expérience suivante de Schiff. Il laisse pendant six semaines la tripe dans de l'eau acidulée; cette tripe se gonfle et se transforme en une sorte de gelée demi-transparente sans altération; une moitié de cette tripe est placée telle quelle dans le suc gastrique préparé avec l'estomac d'un chien; l'autre moitié est lavée jusqu'à ce que toute réaction acide ait disparu et placée dans la même quantité de suc-gastrique neutralisé; au bout de vingt-quatre heures de séjour à l'étuve, l'infusion neutre présente déjà un commencement de putréfaction, l'infusion acide est complètement digérée. Cette expérience démontre la nécessité d'un excès d'acidité, et la nécessité de l'acidité.

Le rôle de l'acide est sans influence essentielle sur la digestion; on peut, dans le suc gastrique artificiel, remplacer l'acide par n'importe quel acide; seules la nature et la proportion qui donne le maximum d'effet digestif, et la proportion varie suivant la substance albuminoïde à digérer. Avec l'acide chlorhydrique, les proportions les plus favorables sont $\frac{1}{10000}$ pour la digestion de la fibrine, $\frac{1}{100000}$ pour l'albumine. Avec l'acide phosphorique, il faut des proportions plus considérables. Quand on augmente la quantité d'acide dans un suc gastrique artificiel, il faut, d'après les faits plus haut, augmenter aussi la quantité d'acide pour le maximum d'action, mais pas dans une proportion aussi

de la pepsine. — On a vu plus haut que la pepsine est soluble à la digestion et que cette pepsine n'agit qu'à condition d'être acidifiée. On s'est demandé si cette pepsine acide n'est pas une combinaison définie, un *acide peptique* ou *chlorhydrique*; mais c'est peu probable. En effet, on peut remplacer l'acide chlorhydrique par un autre acide, et quoique tous ces acides ne soient pas équivalents, les proportions qu'il faut employer à la pepsine ne varient que dans des limites très-peu

pour que la pepsine agisse, il faut qu'elle soit délayée dans une certaine quantité d'eau, et le maximum d'action de la pepsine est atteint à une proportion déterminée d'eau. Ainsi, Schiff a trouvé que la même quantité de pepsine d'estomac de chat, délayée dans les quantités d'eau suivantes, digérait les quantités de solide ci-après :

Eau.	Albumine.
—	—
200 grammes.	196 grammes.
300 —	280 —
400 —	391 —
800 —	680 —
1200 —	888 —
1600 —	870 —

Aussi arrive-t-il souvent que lorsqu'une digestion a s'arrête, on la fait reprendre par une addition d'eau, et suite jusqu'à ce que la dilution finisse par être trop concentrée. Quand la quantité d'eau est trop faible, la digestion ne se fait lentement ou pas du tout.

Il suffit de très-peu de pepsine pour digérer des quantités considérables d'albuminoïdes ; si on a la précaution de séparer par la dialyse les peptones formées qui arrêtent la digestion, qu'on ajoute l'eau et l'acide nécessaires pour que la pepsine puisse agir, on peut avec la même pepsine digérer successivement des quantités presque illimitées de fibrine. La pepsine agit donc comme un ferment et ne se détruit pas pendant la digestion. C'est en effet l'opinion de Brucke; cependant, en employant des proportions considérables de fibrine (3 grammes) a vu la digestion s'arrêter définitivement, faute de pepsine, laissant un résidu de fibrine non digérée (Schiff, *Leçons de digestion*, t. II, page 115.)

4^e Production artificielle des peptones

La cuisson prolongée des albuminoïdes (surtout sous pression de 2 à 3 atmosphères dans une marmite de Papin) donne des corps tout à fait analogues aux peptones (*albuminoïdes* de Corvisart). Ces produits ont non-seulement les caractères physiques et chimiques des peptones pures, mais ils ont encore leurs propriétés physiologiques. Injectés dans les veines d'un animal, ils sont assimilés et ne se trouvent pas dans les urines. (Schiff.) L'action de l'air ozonisé sur aussi des corps analogues. (Gorup-Besanez.) Cependant, en injectant ces peptones dans les veines d'un lapin, les a trouvées dans les urines, preuve qu'elles n'étaient pas assimilées.

Après quelques auteurs, l'action prolongée des acides pourrait transformer la fibrine en peptone.

B. — DIGESTION GASTRIQUE NATURELLE.

L'action du suc gastrique dans l'estomac vivant est identique à ses traits principaux, à ce qu'elle est dans les digestions artificielles; il y a seulement de légères différences provenant de la nature même des conditions dans lesquelles se trouvent les aliments.

Les conditions spéciales qui interviennent dans la digestion gastrique naturelle sont les suivantes :

1° La sécrétion du suc gastrique est incessante pendant toute la durée de la digestion stomacale et l'aliment trouve toujours, par conséquent, les proportions les plus favorables d'acide et de pepsine et à l'état de dilution convenable;

2° Les peptones sont absorbées à mesure qu'elles sont formées, et elles passent avec les aliments dans l'intestin grêle, or, comme on sait qu'un excès de peptone s'oppose à la continuation de la digestion, leur absorption continuelle conserve au suc gastrique toute sa puissance digestive;

3° Les mouvements de l'estomac (voir : *Phénomènes mécaniques de la digestion*) facilitent aussi l'action du suc gastrique en faisant successivement toutes les parties des aliments en rapport avec le suc sécrété par la muqueuse.

L'apport de la salive dans l'estomac ne modifie pas les phénomènes de la digestion des albuminoïdes par le suc gastrique. On peut, du reste, s'en assurer directement chez des animaux porteurs de fistule gastrique et chez lesquels on avait pratiqué des ligatures des conduits salivaires, ou même l'extirpation des glandes, sans empêcher l'arrivée de la salive dans l'estomac.

La présence d'aliments autres que les albuminoïdes (graisses, amidons, etc.), ou celle de substances réfractaires, ne modifie pas plus essentiellement les phénomènes digestifs. Elles ne peuvent agir qu'en retardant l'action du suc gastrique, ainsi, la couche qui entoure les albuminoïdes empêche l'imbibition rapide de la substance alimentaire par le suc gastrique; par contre, les substances réfractaires pourront aider la digestion en agissant mécaniquement la muqueuse et en activant sa sécrétion.

noïdes subit toujours dans l'estomac même un commencement de transformation digestive et fournit déjà de la peptone et la parapeptone.

c. — Action du suc pancréatique sur les aliments.

Le suc pancréatique (voir page 161, pour son étymologie) agit sur les trois espèces d'aliments, féculents, gras et albuminoïdes, et cette triple action justifie le rôle prédominant que Cl. Bernard lui assigne dans les phénomènes de la digestion.

1° *Action du suc pancréatique sur l'amidon.*

La transformation de l'amidon en glycose par le suc pancréatique, découverte en 1840 par Valentin, et étudiée de près par Bouchardat et Sandras, est identique à celle qui se produit sous l'influence de la salive, mais elle est encore plus rapide et elle est instantanée. Cette transformation n'est empêchée ni par la bile, ni par le suc gastrique, et elle se produit aussi bien avec le suc des fistules permanentes qu'avec le suc des fistules temporaires. Cette action est due à un ferment spécial appelé *amylase* par Cohnheim.

D'après Korowin, cette propriété saccharifiante n'existe

Action du suc pancréatique sur les graisses.

Le suc pancréatique a une double action sur les graisses :

Il les émulsionne ; si on agite de la graisse liquide ou de la graisse avec du suc pancréatique, il se forme une émulsion semblable à celle du chyle, émulsion qui persiste et dans laquelle les globules graisseux sont encore plus finement divisés qu'ils ne le sont dans le lait. (Cl. Bernard.) Il faut environ deux grammes de suc pancréatique pour émulsionner une once de graisse. Le suc pancréatique décompose les graisses neutres. Si on met dans une étuve à 40° C. du suc pancréatique additionné d'un peu de tournesol bleu, le suc, d'abord alcalin, devient peu à peu acide et la teinture de tournesol prend une coloration rouge. Les acides gras sont mis en liberté et s'unissent aux alcalis du suc pancréatique pour former des savons acides. Cette action est empêchée par la dilution. D'après Danielewski, elle serait due à un ferment alcalin.

Action du suc pancréatique sur les substances albuminoïdes.

Action du suc pancréatique sur les substances albuminoïdes. — Cette action est très-controversée. Pour les uns, c'était une véritable digestion, pour d'autres une simple putréfaction. Cependant les recherches de Brissart, Meissner, Köhne, etc., ont montré que si l'on emploie le suc pancréatique des fistules temporaires ou l'extract de glande fraîche, prise à la fin de la digestion (chien), la puissance digestive est incontestable. Seulement, cette digestion s'accompagne de phénomènes particuliers qui la distinguent essentiellement de la digestion par le suc gastrique.

Action du suc pancréatique sur les aliments albuminoïdes. — Cette action est partagée en trois phases successives.

Dans la première phase, les substances albuminoïdes sont transformées en peptones. Cette transformation, qui se fait sans prétraitement préalable et qui se produit, que le milieu soit neutre, ou faiblement acide, est très-énergique et très-active. Les

pas directement des substances albuminoïdes, mais se forment à leurs dépens; en effet, à mesure que la leucine et la tyrosine se produisent, la quantité de peptones diminue; la production de leucine et de tyrosine se fait même quand on est en présence du suc pancréatique des peptones toutes les fois qu'il y a lieu d'aliments albuminoïdes.

3° Dans la troisième phase, on remarque une diminution non seulement des peptones, mais de la leucine et de la tyrosine; se produit par leur décomposition un certain nombre de principes encore peu étudiés et d'odeur fécaloïde très-puante, qui donnent au mélange une coloration brunâtre. On trouve aussi des acides gras, une substance qui précipite par l'eau et forme des filaments violets, de l'indol, etc. Cette troisième phase se fait plus vite quand le milieu est alcalin; un degré léger d'acidité retarde l'apparition.

Cette dernière phase a lieu aussi sur le vivant dans l'état normal. Mais il est probable que la plus grande partie des peptones formées dans la première période d'action du suc pancréatique est absorbée, et qu'une faible partie seule subit les transformations des deux dernières périodes.

D'après Cl. Bernard, l'action préalable de la bile et de la trypsin sur les albuminoïdes est une condition de la digestion par le suc pancréatique de ces aliments; cependant Corvisart, et d'autres expérimentateurs ont obtenu des digestions complètes sans putréfaction, par l'action isolée du suc pancréatique.

En soumettant des albuminoïdes à une cuisson profonde dans l'acide sulfurique étendu, Kühne a obtenu par

Action de la bile sur les aliments.

Action de la bile sur les aliments et le rôle véritable de cette bile sont encore très-obscurs et, malgré les nombreux traités sur cette question, on n'est pas encore arrivé à des faits positifs et incontestables.

Action de la bile sur d'aliments

liverses espèces

Albuminoïdes. — La bile est sans action digestive sur les albuminoïdes, comme l'albumine, l'albumose crue ou cuite. Elle les précipite de leur solution dans le suc gastrique. Les peptones, au contraire, sont digérées dans la digestion gastrique et ne précipitent pas. Les albuminoïdes donnent avec la bile un précipité jaune, résiniforme, floconneux, qui dans l'intestin adhère aux villosités et se reconnaît facilement. Ce précipité est soluble dans les alcalis faibles, ne consiste pas seulement en des biliarres et matières colorantes; il contient aussi des albuminoïdes, car il donne la coloration rouge avec le fuchsine de Millon. La pepsine du suc gastrique est entraînée mécaniquement par le précipité, sans cependant subir d'altération, et perd tout pouvoir digestif. Cette précipitation, qui a lieu dans les acides biliaires, ne se fait pas si le milieu est alcalin. On conclut de là que si la bile s'oppose à la digestion des substances albuminoïdes dans le suc gastrique, elle ne s'oppose en rien à leur digestion par le suc pancréatique.

Hydrocarbonés. — Il y a sur ce sujet de très-grandes contradictions entre les différents physiologistes. Suivant les uns, la bile (sauf peut-être celle de porc) est sans action sur l'amidon; cependant, sous certaines conditions encore indéterminées, elle peut transformer l'amidon en glycose. D'autre part, V. Wittich a isolé de la bile fraîche un ferment diastase qui transformerait l'amidon en glycose.

Graisses. — La bile émulsionne les graisses, mais l'émulsion se fait très-peu de temps et est beaucoup moins complète que celle formée par le suc pancréatique. Mais quand les acides gras

ses fonctions. Ce qui rend la chose encore plus obscure, c'est que le maximum de la sécrétion biliaire paraît correspondre à l'instant où les aliments ont déjà traversé le duodénum. Les physiologistes sur les fonctions de la bile peuvent la ranger sous deux divisions principales.

Pour les uns, l'action de la bile serait une action mécanique, laquelle, du reste, on est loin de s'entendre. Cependant on l'a fait intervenir dans la digestion des graisses. On a l'opinion de Cl. Bernard sur le rôle de la bile dans la digestion des albuminoïdes par le suc pancréatique, opinion infirmée par les recherches de Corvisart. Quelques auteurs ont admis que la bile a la propriété qu'a la bile de précipiter les peptones, et que la cohésion de ce précipité aux villosités intestinales, qui retardait ainsi le passage des matières assimilables, est de façon à rendre leur absorption plus complète.

Les physiologistes qui admettent que la bile n'a qu'une action chimique ne sont pas plus d'accord sur le mécanisme de son action. On a admis qu'elle facilitait la résorption des graisses en se fondant sur ce fait que l'huile traverse plus facilement les membranes animales, même sous une faible pression, si ces membranes sont imbibées de bile et surtout de bile par l'acide chlorhydrique.

Pour Schiff, son action commencerait quand la bile pénètre dans les chylifères; elle exciterait les contractions musculaires des villosités et faciliterait le cours du chyle dans les vaisseaux (on sait que la bile est un sécrétum des nerfs et des muscles).

a émis sur le rôle de la bile l'hypothèse suivante : l'épithélium de la muqueuse intestinale se renouvellerait après chaque repas et la bile aurait la propriété d'amener la chute de l'épithélium qui a servi à la digestion précédente et est devenu propre à une digestion nouvelle; en un mot, la bile *balayerait* l'intestin après chaque digestion.

Cas biliaires. — On a cherché à résoudre la question de la création des fistules biliaires, de façon que toute la bile sécrétée s'écoulât à l'extérieur, en évitant les phénomènes physiologiques variables. Un fait constant est que les animaux peuvent vivre très-longtemps à l'opération (Biondlot en a conservé un pendant plusieurs années), mais à une condition, c'est de donner à l'animal un excès de nourriture; ainsi, un chien doit, pour ne pas perdre du poids, manger une quantité de viande double de celle qu'il mangeait auparavant. Il est difficile d'expliquer comment le surplus d'alimentation, qui compense l'excédant d'alimentation, compense surtout pourquoi cet excédant ne diminue toujours la quantité de matériaux perdus par la fistule.

Dans les cas de fistules biliaires, une partie des substances alimentaires traverse l'intestin sans être digérée. La resorption de la bile n'est pas arrêtée complètement, mais elle diminue, un animal qui en une heure résorbait par l'intestin 0^{sr},465 de graisse (0,00465 grammes de poids du corps), n'en resorbe plus que 0^{sr},09 (0,0009 grammes) une fois la fistule établie, et le chyle, au lieu d'être laiteux, devient opalin et ne contenait plus que 0,19 p. 100 de graisse au lieu de 3,2 p. 100. Les excréments de ces animaux ont une odeur repoussante; les animaux sont maigres, paresseux; ils perdent du poids tombent; ils présentent en somme une altération profonde de la nutrition qui indique une influence réelle de la bile, mais ces phénomènes montrent que cette influence ne se limite pas à tel ou tel acte spécial de la digestion, mais qu'elle agit sur l'ensemble des actes digestifs et peut-être aux actes de la nutrition.

3° Résorption de la bile dans l'intestin.

La bile est absorbée dans l'intestin; toute l'eau et les $\frac{1}{2}$ des parties solides de la bile sont absorbés dans l'intestin et repassent dans le sang. Cette

e. — Action du suc intestinal sur les al

L'action du suc intestinal de l'intestin grêle sur les aliments est très-controversée. Il est douteux en effet, que le liquide obtenu par les procédés de Thiry (voir page 166), Collin, soit un liquide normal, et il serait très-possible que ce liquide ne soit autre chose qu'une transsudation du plasma sanguin. Leven a cherché à faire du suc intestinal un suc acide tandis que la plupart des physiologistes le considèrent comme alcalin. Société de médecine, 10 octobre 1875; mais il n'a pas recueilli le suc intestinal lui-même, il a simplement fait une infusion de la muqueuse intestinale.

Ces faits expliquent les contradictions existantes sur l'action du suc intestinal, les physiologistes ayant employé des procédés différents. Ainsi le suc entérique obtenu par le procédé de Thiry paraît sans action sur les aliments, à l'exception de la fibrine, tandis que, d'après Leven, une infusion de la muqueuse intestinale digère les albuminoïdes, émulsionne les graisses et saponifie les hydrocarbures, en un mot, suivant son expression, par le pancréas.

Albuminoïdes — Zander et, plus tard, Kolliker et Schmidt ont constaté que des morceaux de fibrine ou d'albumine placés dans l'intestin de chats et de chiens en évitant l'arrivée du suc gastrique et du suc pancréatique, perdaient la plus grande partie de leur poids. Funke et Frerichs ont obtenu des résultats semblables chez les lapins, de sorte qu'on ne saurait attribuer cette

ultats obtenus chez les carnivores par Zander et les autres biologistes tenaient à la présence du suc pancréatique qui existe encore dans l'intestin. D'un autre côté, on a vu plus haut l'opinion de Leven. Chez l'homme, dans les cas de fistule intestinale, les résultats ne sont pas moins contradictoires: Lehmann, Braune, etc., n'ont pu constater aucune digestion d'albuminoïdes; mais au contraire est porté à l'admettre. D'après H. Eichhorst, le suc intestinal enlèverait aux solutions de gélatine la propriété de prendre en gelée.

Hydrocarbonés. — Le pouvoir saccharifiant du suc intestinal est mieux établi que son action sur les albuminoïdes. Ce point a été constaté par plusieurs biologistes sur les animaux et Busch sur l'homme; cependant, le suc intestinal recueilli par le docteur de Thury est sans action sur les féculents. Du reste, Busch, Eichhorst, etc., ont isolé de la muqueuse intestinale un ferment diastatique qui transforme l'amidon en glycose.

A. Bernard a découvert dans le suc intestinal et dans la muqueuse de l'intestin grêle, un ferment spécial, *ferment inversif*, qui transforme le sucre de canne en sucre interverti, mélange de glucose et de lévulose.

L'action du suc intestinal sur les graisses n'est guère admise que par Leven.

L'extract des *glandes de Brunner*, d'après Costa, aurait la propriété de transformer l'amidon en glycose et serait sans action sur les albuminoïdes et les graisses.

Le suc enterique du *gros intestin* paraît sans action sur les aliments. Quelques auteurs lui attribuent le pouvoir de transformer l'amidon en glycose.

DE LA DIGESTION DANS LES DIVERS SEGMENTS DU TUBE DIGESTIF.

a. — Digestion dans la cavité buccale.

Les aliments subissent dans la cavité buccale deux espèces de modifications, des modifications mécaniques et des modifications

modifications mécaniques consistent en une trituration

ces mouvements de mastication une certaine quantité battue avec la salive et mélangée à la masse alimentaire laquelle elle est déglutie. La durée de la mastication varie demment suivant l'état physique de la substance alimentaire. Celle-ci est dure et volumineuse, plus la mastication est prolongée. Une mastication complète est une condition essentielle pour que les actes digestifs auxquels sera soumis ultérieurement le bol alimentaire s'accomplissent régulièrement.

Les *modifications chimiques* qui se passent dans la cavité buccale sont d'abord une dissolution des parties solubles des aliments et en particulier des sels solubles, et ensuite la transformation des féculents en glycose; mais, à cause du court séjour des aliments dans la cavité buccale, cette transformation ne fait que commencer, y est toujours très-incomplète et s'achève dans les parties sous-diaphragmatiques du tube digestif.

Dans le pharynx et dans l'œsophage, le passage du bol alimentaire est tellement rapide qu'il n'a pas le temps d'éprouver de modifications digestives particulières.

b. — Digestion stomacale.

Chez quelques animaux, comme le lapin, l'estomac est toujours plein, et la digestion stomacale est continue. Mais, chez la plupart des animaux et chez l'homme, la digestion stomacale est essentiellement intermittente. Dans ce cas, les aliments arrivent successivement dans l'estomac par petites portions à chaque

continue tout le temps que de nouvelles masses arrivent dans cet organe.

La digestion stomacale est caractérisée par la transformation des substances albuminoïdes; mais cette transformation n'est pas intégrale dans l'estomac, elle ne s'arrête pas là pour se continuer dans l'intestin grêle, et ces substances ne font que le traverser et subissent une digestion dans l'intestin. Aussi la part de l'estomac et de l'intestin grêle dans la digestion des albuminoïdes est-elle difficile à déterminer, et cette difficulté explique les fluctuations qui existent dans l'histoire de la science sur ce sujet: l'estomac qui jouait le rôle principal; aujourd'hui on le dépasse au profit de l'intestin. Quelques auteurs, exagérant cette tendance, refusent à l'estomac toute action digestive et ne lui accordent plus qu'un rôle mécanique de dissolution et de dissociation.

La bile dans l'estomac arrête immédiatement la digestion des albuminoïdes. Il se passe encore dans l'estomac des phénomènes indépendants de l'action digestive du suc gastrique: les sels solubles, la gomme, le sucre, sont dissous; les insolubles de chaux et de magnésie le sont aussi à l'acide du suc gastrique; les graisses sont liquéfiées par l'action de la bile dans l'estomac, mais sans subir de transformation; l'action saccharifiante de la salive se continue, à condition que l'acidité du mélange ne soit trop prononcée. La cellulose, le tissu élastique, restent inaltérés.

Le chyme est une sorte de bouillie ou de pâte molle, de couleur brune, variable suivant l'alimentation, à laquelle on donne le nom de *chyme stomacal*. Ce chyme comprend: des matières réfractaires à la digestion, tissu élastique, tissu fibreux, etc.;

des matières albuminoïdes, hydrocarbonées, graisses, non encore digérées;

des matières en voie de digestion, albuminoïdes et hydrocarbonées, au moins modifiées par l'action du suc gastrique et de la bile;

de l'acide lactique et de l'acide succinique.

et tout autre venant chez un chien nourri de viande 6 p. 100 d'oxygène et 26 d'acide carbonique. L'estomac est le siège d'une respiration rudimentaire; l'oxygène introduit avec l'aliment est absorbé en partie et remplacé par de l'acide carbonique exhalé par la surface de la muqueuse; mais tout le gaz unique de l'estomac ne provient pas de cette respiration; une partie provient évidemment de la décomposition de la salive par le suc gastrique et peut-être aussi de la fermentation butyrique: en effet, Chevreul a trouvé de l'hydrogène dans l'estomac d'un supplicié.

La durée du séjour des aliments dans l'estomac est variable; les liquides y séjournent le moins longtemps. On peut faire suivre, dans certains cas, la petite courbure par un tube directement dans le duodénum sans même se mêler à la masse alimentaire qui occupe la grande courbure et le cul-de-sac. Cette rapidité de passage se montre même pour les liquides qui contiennent des substances albuminoïdes; ainsi, dans un cas de fistule duodénale, du lait non coagulé se montrait à l'orifice de la fistule quelques minutes après l'ingestion. Parmi les aliments solides, il en est qui passent rapidement de l'estomac dans l'intestin après un temps assez court, 15 minutes; d'autres ne passent dans l'intestin qu'au bout de quelques heures; mais en général, au bout de 4 à 5 heures, la digestion est terminée et l'estomac vide.

Le temps pendant lequel les diverses substances

l'aliment passera dans l'intestin sans être modifiée, l'autre partie pourra être digérée complètement dans l'estomac. Cependant, ces réserves faites, la durée du séjour des aliments dans l'estomac donne des indications utiles au physiologiste et le médecin.

sur le Canadien Saint-Martin, Bidder et Schmidt, sur atteinte de fistule gastrique, Gosse, sur lui-même (il de *mérycisme* ou rumination), ont cherché le temps nel les divers aliments séj dans l'estomac. agneau, la truite, ic une heure ou erre, le bœuf un canard sauvage, de ort, de très-grandes viduelles.

se vide de deux façons : 1° par résorption des
mesure qu'elles sont produites ; 2° par le passage du
le duodénum ; ce passage se fait par petites masses
de plus en plus volumineuses et multipliées à mesure
tion avance, jusqu'à ce que tout le contenu de l'est-
t vidé dans l'intestin.

Digestion dans l'intestin grêle.

Le chyme a franchi le pyllore pour pénétrer dans l'intestin. Le suc gastrique perd toute action digestive et ce qui détermine un afflux de bile, de suc pancréatique et biliaire ; d'après Schiff, c'est au liquide des glandes de l'intestin qu'il reviendrait la plus grande part dans la neutralisation du mélange. L'acidité disparaît peu à peu ; à la fin du repas, le contenu de l'intestin est en général déjà alcalin, l'acidité se conserve habituellement jusqu'à la terminaison de l'intestin grêle.

du mélange des trois sécrétions intestinales sur la nature est assez difficile à analyser, si on veut faire la part de chacune d'elles. Cependant un fait certain, c'est que l'intestin grêle tous les aliments, albuminoïdes, sucre de canne, graisses, sont modifiés et transformés pour les rendre assimilables, et que le plus grand rôle

revient au suc pancréatique. Il semble, d'après ce qui est dit plus haut, que la bile devrait s'opposer à la digestion, comme elle s'oppose à la digestion stomacale; mais la transformation des peptones par la bile ne se fait que dans un milieu acide et pourrait tout au plus avoir lieu dans les parties supérieures du duodénum; dans un milieu alcalin et, par conséquent, dans tout le reste de l'intestin grêle, la bile n'empêche pas la transformation des albuminoïdes en peptones.

Le chyme intestinal varie suivant l'endroit même où il est recueilli. Très-liquide et colore en jaune dans les parties supérieures de l'intestin, il devient plus épais, se fonce et acquiert une couleur verdâtre dans les parties inférieures; sa composition se rapproche de celle du suc pancréatique, dont il se distingue par son alcalinité, la plus grande proportion de principes alimentaires non digérés, de leucine et de tyrosine et la présence des sécrétions intestinales et spécialement de la bile.

Ce chyme ne remplit pas complètement l'intestin; on n'y trouve que par places, les anses intestinales parfois vides et tantôt affaissées, tantôt au contraire distendues par des gaz, d'autres fois remplies par de la bile presque pure. Le mucus intestinal forme en grande partie de cellules.

Les gaz de l'intestin grêle consistent en azote, en hydrogène et en hydrogène sulfuré. L'hydrogène et une partie de l'azote proviennent de la fermentation butyrique des matières grasses. On ne rencontre dans l'intestin que des traces de gaz.

La durée du séjour de la masse alimentaire dans l'intestin grêle est peu connue, et on n'a pas de données précises sur ce sujet. Chantard a vu que si, après avoir pris des aliments, on s'en abstient complètement, la rate de la digestion met trois jours à disparaître quand on examine au microscope le contenu de l'intestin.

d. — Digestion dans le gros intestin.

Le chyme alcalin de l'intestin grêle trouve dans le gros intestin un suc qui a aussi la réaction alcaline, cependant, le contenu du gros intestin a la réaction acide. Cette acidité tient à une décomposition de la masse ali-

des graisses par le suc pancréatique, fermentation butyrique des hydrocarbonés, etc.), aussi la réaction est toujours plus prononcée dans le centre de la masse.

Les aliments ne paraissent plus subir dans le gros intestin de travail digestif, sauf peut-être dans le cœcum, surtout chez les espèces animales, comme le lapin, chez lesquelles le cœcum constitue un sac très-allongé, dans lequel se produisent probablement des phénomènes digestifs très-actifs. Dans les autres cas, cette digestion cœcale est ou n'est que rudimentaire, et on peut admettre, qu'à partir de la cœcale, il ne se passe plus de phénomènes digestifs, et qu'il n'y a plus de travail digestif. Le chyme se décompose peu à peu sous l'influence de la bile, et donne lieu à la formation de l'acide cholalique, d'acide urique, de créatinine, etc. Les altérations du suc pancréatique sont inconnues.

Après ces décompositions et de la résorption graduelle des principes assimilables, le chyme du gros intestin prend peu à peu le caractère des matières excrémentielles : l'odeur fécale apparaît, la couleur se fonce, la consistance augmente ; à l'examen microscopique, on retrouve encore des éléments digestibles qui ont traversé l'estomac et l'intestin sans être modifiés.

Arrivées dans la partie inférieure du gros intestin, les matières ont tous les caractères des matières excrémentielles.

Les excréments ont en général une réaction acide, surtout après une nourriture féculente ; quelquefois cette réaction est neutre ou alcaline (fermentation ammo-

niacale) contre les substances suivantes :

1° Les substances réfractaires ou insolubles des substances alimentaires : cellulose, matières élastiques et cornées, mucine, tissus végétaux, phosphogène, sels de chaux, etc. ;

2° Les aliments digestibles qui n'ont pas été modifiés ou qui l'ont été qu'incomplètement, fibres musculaires, fragments d'amidon, graisses, etc. ;

3° Les cellules épithéliales de l'intestin ;

Des principes biliaires plus ou moins décomposés, et matières colorantes de la bile; acides biliaires, surtout glycocholique qui se décompose plus difficilement, acétique; dyslysine, cholestérine; la taurine et la glycocolle ne rencontrent pas;

Des produits de décomposition solides ou gazeux, stercorine et acétique, stercorine, indol, naphtylamine, etc.

Les fèces contiennent 25 p. 100 de parties solides, sur 3 à 4 p. 100 de substances minérales, la proportion de solides peut atteindre 50 p. 100 pour une nourriture uniquement de viande; elle diminue au contraire quand on ajoute du sucre en quantité notable à l'aliment.

La couleur des fèces dépend en grande partie de la matière colorante biliaire; en effet, chez les chiens à fistule biliaire et à écoulement extérieur, les excréments ont une couleur grisâtre. Cependant la nature de l'alimentation exerce l'influence: un régime exclusif de viande les rend bruns, un régime mixte de féculents et de viande brun jaunâtre, un régime herbacé verts.

Leur quantité varie entre 100 et 200 grammes par jour, elle peut aller jusqu'à 400 et 500 grammes; elle est plus forte pour une alimentation végétale.

La durée du séjour des fèces dans le gros intestin est de six et vingt-quatre heures environ; cette durée, très variable du reste suivant les individus, est soumise à l'influence d'un grand nombre de causes et en particulier de l'habitude.

Les gaz du gros intestin ont une composition qui varie avec la nature de l'alimentation. On y rencontre des gaz d'hydrogène, de l'hydrogène, de l'acide carbonique, de l'azote, de l'hydrogène carboné et de l'hydrogène sulfure, le premier n'existe qu'en très-faible quantité, à la suite d'alimentation de viande et provient probablement du soufre des albumines, peut-être d'une décomposition de la taurine. On y trouve en outre des principes volatils odorants encore indéterminés.

4° CHANGEMENTS DES ALIMENTS DANS LE TUBE DIGESTIF.

Si maintenant nous reprenons chacun des aliments et si nous passons rapidement en revue les modifications qu'ils subissent, nous voyons que les aliments sont modifiés de la manière suivante:

de l'étendue du tube digestif, nous observons les faits

Hydrocarbonés. — L'amidon est transformé en dextrine, glycose, par la salive, le suc pancréatique et peut-être le suc intestinal. Cette transformation, commencée dans la cavité buccale, se continue, quoique faiblement, dans l'estomac, mais surtout dans l'intestin grêle où elle s'achève.

Le sucre de canne est transformé en sucre interverti dans l'intestin grêle par le ferment invertase intestinal.

Le lait serait, suivant que les physiologistes, absorbé ou non, sujet à de modifications; suivant les conditions, il est plus ou moins complètement transformé en glycose.

Les recherches faites au laboratoire de Munich, laissent croire que le lait est transformé en glycose.

La case ainsi formée ou celle qui est ingérée directement est décomposée partiellement par les bactéries, donnant naissance à des acides lactique et butyrique.

La cellulose est dissoute et transformée en glycose, mais seulement chez les herbivores.

Grasses. — Les graisses sont liquéfiées dans l'estomac et surtout dans l'intestin grêle par le suc pancréatique (et un peu par la bile); en outre, le suc pancréatique en se combinant avec une partie en glycérine et acides gras qui forment les sels biliaires de la bile des savons solubles et absorbables.

Albuminoïdes. — Les albuminoïdes sont transformés en peptones dans l'estomac et dans l'intestin grêle par le suc gastrique et le suc pancréatique (et peut-être le suc intestinal). Après la digestion gastrique des albuminoïdes, une partie des peptones est précipitée dans l'estomac par la bile dans le duodénum et redissoute dans la partie inférieure de l'intestin.

Les substances qui donnent de la colle sont simplement dissoutes sans fournir de peptones, et perdent seulement la propriété de se prendre en gelée.

— Les sels solubles sont dissous dans la cavité buccale dans l'estomac par la salive et le suc gastrique; les sels de magnésium et les phosphates de magnésium sont dissous en partie dans l'estomac par le suc gastrique qui décompose aussi les carbonates; la base s'unit à l'acide chlorhydrique ou à l'acide

lactique. Les sels d'acides organiques sont transformés en carbonates.

5° L'alcool est absorbé sans subir de modification. (Bou)

5° ABSORPTION PAR LE TUBE DIGESTIF.

Le tube digestif absorbe :

1° Les produits de la digestion ; *absorption alimentaire* ;

2° Une partie des produits de sécrétion versés à la surface de la muqueuse ; *absorption sécrétoire* ;

3° Des principes qu'on met accidentellement en contact avec la muqueuse ; *absorption expérimentale et thérapeutique*.

On ne traitera ici que des deux premières.

a. — Absorption alimentaire ou digestive

Cette absorption porte sur les albuminoïdes, les graisses et les substances inorganiques.

1° Absorption des albuminoïdes.

Les albuminoïdes, pour être absorbés, doivent être transformés en peptones. L'équivalent osmomotique des albuminoïdes est très-faible : Funke l'a trouvé de 7,1 et 9,9 pour un équivalent de peptone à 2,9 p. 100, tandis que l'équivalent osmomotique d'une solution albumineuse dépassait ordinairement 10. L'absorption de peptones se fait dès que les peptones commencent à se produire, c'est-à-dire dans l'estomac, et se continue dans toute la longueur de l'intestin grêle et du gros intestin (cæcum). D'après Schiff, l'absorption stomacale se ferait que dans la région pylorique qu'il appelle le *distal* du bant de l'estomac et où se trouvent les glandes à mucus. La région des glandes à pepsine n'absorberait pas.

Les recherches de Brücke, Voit, etc., tendent à prouver que la transformation des albuminoïdes en peptones avant leur absorption n'est pas toujours nécessaire. D'après Eichhorst, la caséine de blanc d'œuf additionnée de sels, l'albuminate d'ammonium,

musculaire, la gélatine, pourraient être résorbés directement, mais d'une façon partielle; le blanc d'œuf, la syntonine, l'albumine du sérum, la fibrine coagulée, la myosine coagulée, nécessitent seules une digestion ou une transformation préalables.

2° Absorption des hydrocarbonés.

La glycose qui résulte de la tridigestion est absorbée dans le tube digestif déjà dans la cavité buccale et y séjourne un certain temps avant que se fasse l'absorption. Elle est absorbée dans la grêle et dans le gros intestin. Elle donne naissance à des acides, notamment à l'acide lactique qui se trouve dans des anses intestinales.

La vitesse d'absorption est variable, on voit que l'absorption est d'autant plus rapide que la solution est plus concentrée (Becker); l'absorption est plus active au début qu'à la fin de l'expérience.

L'absorption des féculents est plus lente, et cette absorption est d'autant plus faible que le bol alimentaire est plus dilué. C'est surtout dans la grêle que se fait l'absorption. Les parties inférieures du tube digestif ne participent que pour une faible part à la glycose est décomposée en sucres et principes organiques et principalement absorbés. Si on compare les solutions de sucre de canne et de sucre de raisin, on voit que l'absorption est plus active pour le sucre de raisin.

Les solutions de sucre de

3° Absorption des graisses.

L'absorption de la graisse dans la digestion est une des questions les plus obscures de la physiologie. Si l'on examine un animal à huit heures après lui avoir donné un repas copieux de viandes grasses, on trouve les chylifères remplis d'un liquide blanc; si l'on place alors sous le microscope un fragment de la muqueuse intestinale, on voit les cellules épithéliales remplies de granulations graisseuses accumulées surtout entre le noyau et la face libre et quelquefois réunies en grosses gouttelettes; elles masquent les contours et les noyaux des cellules, de sorte que la villosité paraît recouverte d'une masse de granulations graisseuses qui infiltrent aussi son parenchyme; les cellules épithéliales sont devenues indistinctes et la villosité est limitée par une ligne nette du côté de l'intestin; quelquefois, ces granulations forment une sorte de réseau qui va de la surface au chylifère. Dans d'autres cas, la villosité, infiltrée dans sa totalité, constitue une masse foncée granuleuse.

L'absorption des graisses se fait exclusivement dans le grêle à partir de l'endroit où s'abouchent le canal pancréatique et le canal cholédoque. Elle ne paraît pas se faire dans l'intestin.

L'absorption des graisses saponifiées ne présente aucune difficulté, mais il n'en est pas de même des graisses non saponifiées, qui sont non pas à l'état de dissolution, mais à l'état d'émulsion, à-dire en gouttelettes très-fines. Comment ces gouttelettes traversent-elles les cellules épithéliales pour arriver dans le chyme de la villosité et de là dans le chylifère central ?

Pour Brücke et quelques autres physiologistes, la présence de ces des granulations graisseuses dans les villosités se fait par le même mécanisme que la pénétration de particules solides dans leur intérieur. Mais cette pénétration elle-même n'est pas complètement démontrée, malgré les travaux de Hensen, Marfels et Moleschott, etc. D'ailleurs, les expériences de Visinghausen ont prouvé que la graisse à l'état solide, quelque fine qu'elle soit, ne peut traverser les cellules épithéliales. Il faut donc, de toute nécessité, que cette graisse soit à l'état liquide, mais la graisse liquide n'est pas miscible à l'eau, et Visinghausen a vu que l'huile ne traversait les membranes animales sous de très-fortes pressions, telles qu'il n'en existe pas dans l'intestin. On a fait intervenir alors plusieurs conditions qui favorisent le passage de la graisse. Visinghausen a constaté que l'huile traverse les membranes animales sous de très-faibles pressions si la membrane est imbibée de bile et surtout quand de l'huile est dans la membrane se trouve un liquide ayant de l'affinité pour l'huile, comme une solution de potasse. La capillarité intervient aussi si on admet les canalicules décrits par quelques auteurs dans la paroi libre des cellules épithéliales, et la capillarité exerce l'influence adjuvante de la bile si on met dans les tubes capillaires dont l'un soit imbibé d'eau et l'autre d'huile, l'huile monte 12 fois plus haut dans celui-ci que dans l'autre. Du reste, la difficulté du passage de l'huile à travers une membrane imbibée d'eau disparaît en partie si on la rend perméable aux gouttelettes huileuses dans les liquides albumineux, en la tenant d'une fine membrane albumineuse, membrane

ou par un orifice de la face libre de la cellule, par des canaux situés entre les cellules épithéliales, par des cellules spéciales? La discussion de cette question dépasse les limites de ce livre et je renvoie aux traités d'histologie et aux ouvrages spéciaux (*).

Après la traversée de la membrane épithéliale, la graisse doit pénétrer dans le parenchyme de la villosité pour arriver jusqu'au chylifère central. Là encore, même incertitude et même obscurité. On peut admettre que l'extrémité apicale des cellules épithéliales communique avec un réseau capillaire qui se termine tout autour dans le chylifère central. Mais la forme de ce réseau n'est pas connue et la démonstration de son existence n'est pas complète. Le passage de la graisse est donc facilité par les contractions des villosités.

Les contractions des muscles lisses de la paroi du tube digestif, de la façon suivante, agissent comme les fibres lisses du muscle lisse au grand axe de la villosité, elles la raccourcissent et poussent les fluides qu'elle contient dans son parenchyme ou dans les capillaires sanguins ou lymphatiques; puis, la contraction terminée, la pression sanguine des capillaires détermine une turgescence de la villosité qui dilate ses lacunes, ainsi que le chylifère central. Il en résulte une sorte de suction opérée par la villosité sur les liquides qui la baignent, tandis que les liquides exprimés ne peuvent refluer dans la villosité à cause des contractions des capillaires lymphatiques. Il n'y a là, évidemment, qu'une interprétation hypothétique du mécanisme de l'absorption.

— Absorption sécrétoire dans le tube digestif.

La grande partie des liquides sécrétés dans le tube digestif après avoir agi sur les aliments, sont réabsorbés et leurs

*, sur cette question de la résorption de la graisse : Beaunis, *Anatomie et physiologie du système lymphatique*, 1863, page 60 et suite de la bibliographie va jusqu'en 1863; — Letzerich, *Ueber die Resorption*, *Virchow's Archiv*, 1866; — Conrad L. Erdmann, *Beobachtungen über die Resorption in der Schleimhaut des Dünndarms*, 1867, — Th. Eimer, *Virchow's Archiv*, 1869; — S. Bach, *Die ersten Chylusresorption*, 1870; — L. V. Thanhoffer, *Beitr. zur Fettresorption*, 1870, 2^e vol.

matériaux repassent dans le sang. C'est ce qui arrive pour le suc gastrique, le suc intestinal, le suc pancréatique, la partie des principes de la bile, sans cela, l'organisme subirait des pertes considérables puisque la quantité totale des sécrétions digestives peut être évaluée en vingt-quatre heures à 400 grammes environ.

Cette absorption sécrétoire paraît se faire dans toute l'étendue du tube digestif, chaque région servant successivement de face absorbante pour les sécrétions qui se déversent dans l'intestin d'elle. Elle se produit, sauf pour la bile et peut-être pour le suc pancréatique, sans que les principes résorbés aient subi une transformation préalable. Mais pour la bile, il n'en est pas même non-seulement elle n'est pas résorbée en totalité, mais les $\frac{1}{4}$ environ de ses parties solides retournent dans l'intestin, mais, comme ses principes subissent une série de transformations avant d'être résorbés la taurine la glycocholle, une partie de la matière colorante (urobiline), repassent dans le sang; le胆素 se retrouvent dans les excréments cholérine, acide bilique, dyslysine. En effet, on ne peut constater dans la veine porte la présence des acides biliaires. Schiff a admis que la bile était, en partie, résorbée en nature dans l'intestin et repassait dans le sang pour être sécrétée de nouveau (circulation biliaire); il a vu l'injection de bile dans la veine porte amener une sécrétion de bile plus abondante par les canaux biliaires et a constaté que chez des chiens à fistule biliaire (voir page 128), la sécrétion biliaire augmentait quand la bile coulait dans l'intestin, diminuant quand elle se reculait.

La résorption de la bile se fait principalement dans l'intestin inférieure de l'intestin grêle et dans le gros intestin.

6° VOIES DE L'ABSORPTION DIGESTIVE.

L'absorption digestive peut s'exercer par deux voies (fig. 73, page 413) : les lymphatiques (1) et les capillaires sanguins (2). Seulement il est très-difficile de faire expérimentalement la part de ces deux ordres de vaisseaux dans l'absorption alimentaire. Pour arriver à un résultat, on a employé des méthodes dont les deux principales sont les *logarithmes* et les *analyses chimiques*.

le premier procédé on lie, soit les vaisseaux sanguins, soit les chylifères, et on voit comment l'absorption se fait après la

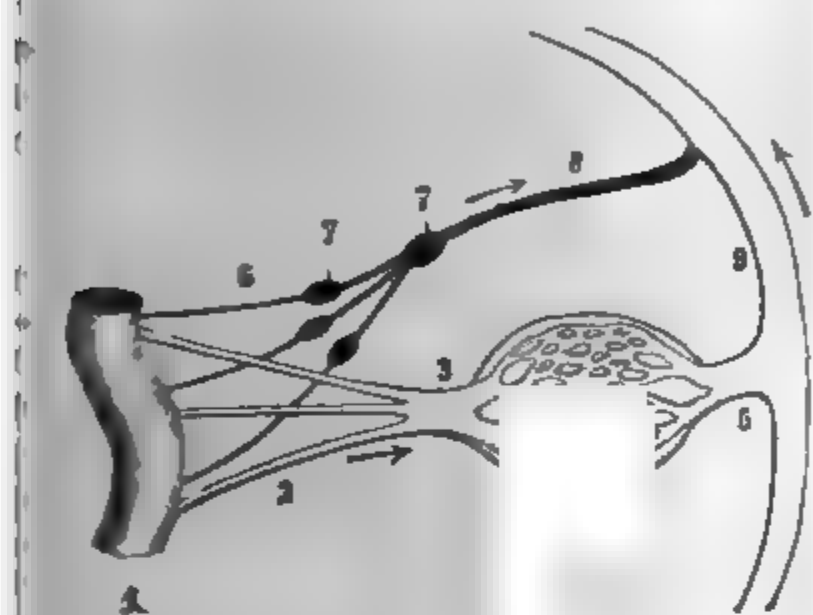


Fig. 73. — Voies de l'absorption

re. (Voir page 412.)

et quelles substances se sont restées perméables. Mais une fois les résultats obtenus; telle que les anastomoses vasculaires qui rétablissent la circulation même après la ligature de (Meder.)

procédé des analyses chimiques ne donne pas de résultats précis; il est d'abord souvent très-difficile de distinguer les substances absorbées des substances qui existent à l'état normal dans le sang ou dans le chyle; puis certaines de ces substances, les peptones, subissent une transformation dans l'abdomen, de sorte qu'on ne les retrouve plus dans ces liquides; la rapidité du circuit vasculaire sanguin est si grande (on le voit dans les expériences de M. Bouchard), qu'il est bien difficile de dire si une substance qui entre dans le chyle n'a pas été absorbée primitivement par le sang pour passer ensuite, et après coup, dans le chyle. Aussi, les conclusions admises par les physiologistes ne doivent-elles être adoptées qu'avec certaines réserves, sauf peut-être pour la

1. — 1, intestin. — 2, vaisseaux sanguins, veines d'origine de la veine porte. — 3, vaisseaux chylifères. — 4, foie. — 5, veines sous-hépatiques. — 6, chylifères. — 7, ganglions. — 8, canal thoracique. — 9, système veineux.

chaque digestion serait suivie d'une chute et, par suite, d'un renouvellement de l'épithélium. Cette chute serait surtout facilitée sur les cellules de l'intestin grêle infiltrées de graisse qu'on les observe au moment de la digestion des corps gras, accélérée par l'afflux de bile dont le maximum se montre à l'accomplissement de la digestion et dont la fonction serait de balayer l'intestin après chaque digestion. Quel que soit, et sans donner à ce phénomène l'extension que lui a donnée Köss, cette desquamation épithéliale est un fait certain qui joue évidemment un rôle important dans la physiologie alimentaire.

Les phénomènes mécaniques de la digestion seront étudiés avec la physiologie des mouvements.

Bibliographie. SPALLANZANI : *Expériences sur la digestion*, 1783. — L. LARNAIGNE : *Recherches physiologiques et chimiques pour servir à l'étude de la digestion*, 1825. — TIEDTMANN et LEMULE : *Recherches expérimentales sur la digestion*, traduit par JOURDAN, 1837. — BRAIMING : *Experiments on the gastric juice*, 1834. — BLOCHLOT : *Traité analytique de la digestion*. — BOUCHARDAT et SANDHAR : *Recherches sur la digestion*. *Annales de chimie* pour 1843 et 1846. — L. BERKARD : *Leçons de physiologie*, 1856, *Leçons sur les liquides de l'organisme*, 1859; *Cours de physiologie*. *Revue scientifique* 3^e série, 2^e série. — L. LOUVINANT : *Sur une fonction du pancréas*, 1857. — BRUCK : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. *Leçons sur la physiologie de la digestion*, 1867. — Voir en outre de chimie physiologique et de physiologie.

2. — RESPIRATION.

Procédés pour recueillir et étudier les gaz de la respiration.

Les procédés varient suivant qu'on veut étudier la respiration (par les poumons et par la peau) ou seulement la respiration pulmonaire ou la respiration cutanée. Dans tous ces procédés, on dose les quantités de gaz absorbés ou éliminés. C'est ce qu'on appelle la *méthode directe*, employée pour la première fois par Lavoisier.

A. APPAREILS POUR LA RESPIRATION TOTALE. — 1^o *Appareil de Lavoisier et Berzelius* (fig. 74, page 417). Dans cet appareil, l'animal est placé sous une cloche dans laquelle la composition de l'air reste uniforme, l'acide carbonique étant absorbé au fur et à mesure de sa production, que l'oxygène consommé se renouvelle continuellement. L'appareil comprend les parties suivantes : 1^o la cloche dans laquelle l'animal respire, A, 2^o l'appareil qui fournit l'oxygène, B, C, 3^o l'appareil pour l'absorption de l'acide carbonique D. La cloche (1) dans laquelle l'animal est masquée sur un plateau qui ferme son ouverture inférieure et maintenue à une température constante par de l'eau dans le manchon (2). A sa partie supérieure, la cloche présente



Fig 74 Appareil de Regnaud et Meiss (Voir page 416)

composé de trois ballons communiquant par un tube à d'un robinet (13) et possédant une capacité connue entre repère (16) et (17). Ces ballons sont remplis d'une solution de chlorure de calcium qui ne dissout que des traces d'oxygène. En partie inférieure, ils communiquent, par un tube (14), avec le réservoir C, qui contient du chlorure de calcium et dans lequel le niveau est maintenu au niveau constant par des ballons renversés. Lorsqu'on veut remplir d'oxygène les ballons (12) de l'appareil B, on met la cloche en communication avec une source d'oxygène, et on ouvre le robinet. Le chlorure de calcium s'écoule et le ballon se remplit d'oxygène. À la partie inférieure (17), on ferme alors le robinet. Pour faire passer l'oxygène dans la cloche, on ouvre le robinet du réservoir C. Le chlorure de calcium s'écoule par le tube (14), remplit le ballon (12) et peu à peu l'oxygène qui passe dans le flacon laveur (1) et le tube (3), dans la cloche, quand l'oxygène du premier ballon est épuisé, on se sert des deux autres ballons. — L'appareil à absorption d'acide carbonique, D, se compose de deux pipettes (19 et 20), d'un tube de caoutchouc (21) et contenant un mécanisme particulier permet de leur imprimer un mouvement va-et-vient, de telle façon que, quand l'une s'élève, l'autre s'abaisse, par exemple, la pipette (20) s'élève, le niveau du liquide contenu dans la cloche est aspiré, en même temps l'autre pipette s'abaisse et le niveau du liquide, en montant dans son tube, aspire l'air de la cloche et le chasse dans le vase 20, la pipette (19) donc comme pompe aspirante, la seconde comme pompe foulante. Ainsi de suite alternativement, l'acide carbonique se trouve absorbé dans la pipette 20 qui s'élève, et le liquide de la pipette (19) qui s'abaisse chasse dans la cloche l'air dépourvu d'acide carbonique de sorte que l'air de la cloche conserve une composition constante. L'appareil permet à Régnault et Reiset d'apprécier d'une manière exacte les quantités d'acide carbonique absorbé.

Appareil de Pettenkofer. — Cet appareil est construit sur le même principe que l'appareil de Régnault et Reiset, mais il est construit en proportions grandioses, et la cloche est remplacée par une cuve spacieuse pour qu'un homme puisse y séjourner pendant quelque temps, le renouvellement de l'air étant assuré par un mécanisme. L'air qui a servi à la respiration est entraîné et traverse un tube à gaz; mais, dans l'impossibilité d'absorber tout l'acide carbonique de cette énorme quantité d'air, une portion de cet air est évacuée par un appareil particulier, et son acide carbonique est dosé. Comme ce courant d'air est proportionnel au volume d'air inspiré, on en déduit facilement la quantité totale d'acide

carbonique pour la respiration pendant un certain temps. — 1° *Procédé de Régnault et Reiset.* — L'air inspiré et expiré dans une cuve d'eau saturée de sel. L'air expiré peut être analysé dans un eudiomètre ou dans un eudiomètre à gaz. — 2° *Appareil de Régnault et Gavarret.* Il se compose de trois ballons dans lesquels le gaz a été fait avant l'expérience. Les ballons communiquent avec un tube qui aboutit à un robinet qui s'applique hermétiquement sur la figure de l'homme; le masque est muni d'un tube latéral avec un robinet.

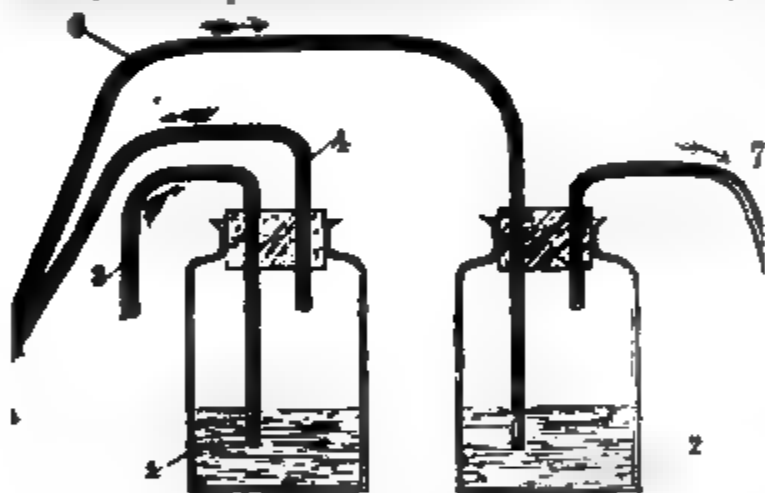


Fig. 75. — Appareil de W. Müller.

On fait la communication de l'appareil avec l'air extérieur; on se met au masque et on ouvre le robinet latéral ainsi que le robinet principal. L'air extérieur appelé par le vide pénètre dans l'appareil et forme un courant d'air, dont on règle la vitesse et qui parcourt les tubes pendant la respiration. Des soupapes empêchent de retourner l'air expiré qui se rend dans les ballons. Cet appareil, très-difficile à manier et très-compiqué, a donné d'excellents résultats. — 3° *Appareil de W. Müller.* — C'est le plus simple et le plus commode pour les expériences de ce genre. Il se compose de deux flacons (fig. 75)

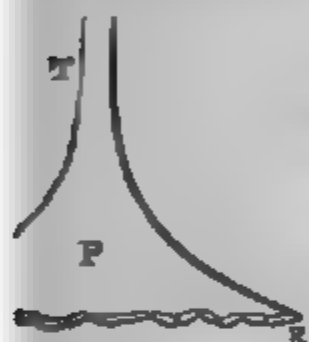
C. APPAREILS POUR LA RESPIRATION CUTANÉE. — Pour recueillir les produits de la respiration cutanée, on emploie des appareils pour la respiration totale, mais en prenant la précaution de conduire à l'extérieur, par un des moyens indiqués en B, les produits de la respiration pulmonaire. On peut aussi, en plaçant un animal dans un manchon disposé d'une façon analogue à ceux décrits plus haut, étudier la respiration des différentes parties de la peau.

Méthode indirecte. — La méthode indirecte employée jusqu'ici conduit d'une autre façon à la connaissance de la quantité de gaz inspirés et expirés. On soumet un animal à la ration, on pèse les aliments solides et liquides introduits dans le tube digestif, ou pèse d'un autre côté tout ce qu'il perd par les selles et l'urine; en retranchant la seconde quantité de la première, on obtient la quantité de l'aliment absorbé par l'animal; on détermine l'aliment absorbé par l'animal à l'aide de la respiration et par la peau. Cette méthode sert à contrôler la méthode directe.

La respiration, prise dans son acception la plus générale, consiste essentiellement en un échange gazeux entre l'organisme et le milieu extérieur (air ou eau). Dans cet échange, chez les animaux supérieurs, se fait entre le milieu extérieur et l'animal l'absorption de l'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau, et dans ce processus, le sang se transforme en sang artériel. Cette absorption et cette élimination gazeuse ne se font pas exclusivement dans une seule partie; elles se font par toute la surface de l'organisme, et dans les liquides sécrétés on retrouve de l'acide carbonique. On a donc une véritable respiration; mais ces phénomènes sont beaucoup plus intenses dans certaines régions de l'organisme qui sont alors disposées d'une façon spéciale et qui constituent un organe particulier, *poumons* ou *branchies*, suivant que l'animal respire dans l'air ou dans l'eau.

1° RESPIRATION PULMONAIRE.

Poumons ont la structure des glandes en grappe; mais, au point de vue physiologique, ils peuvent être considérés comme formés par une membrane vasculaire dont l'étendue égale la



surface de la totalité des vésicules pulmonaires; l'ensemble des bronches ou arbre aérien serait alors représenté par un cône qui aurait cette surface pour base et dont le sommet tronqué serait formé par la trachée (fig. 76).

L'échange gazeux respiratoire se passe entre le sang situé à la partie interne de cette membrane et l'air

partie externe dans le cône aérien. Mais pour que cet échange se accomplisse avec assez d'intensité et de rapidité pour répondre aux besoins de l'organisme, il faut, d'une part, que le contact avec la surface pulmonaire, se renouvelle de façon à pouvoir absorber continuellement de nouvelles quantités d'oxygène et éliminer de nouvelles quantités d'acide carbonique et d'eau; il faut, d'autre part, que l'air se renouvelle constamment dans les voies aériennes de l'acide carbonique et d'eau; il faut qu'il y ait une circulation sanguine et circulation gazeuse; cette circulation dans les voies aériennes constitue ce qu'on appelle la *ventilation pulmonaire*.

Or, tandis que, dans la circulation sanguine pulmonaire, le sang chargé d'acide carbonique arrive par une voie, les veines pulmonaires, et une fois transformé en sang artériel, s'en va par une autre voie, les artères pulmonaires, dans la ventilation pulmonaire il n'en est pas ainsi, la même voie, les bronches, sert à l'exhalation de l'acide carbonique et à l'introduction de l'oxygène; il n'y a qu'un simple mouvement de va-et-vient, par lequel l'air chargé d'acide carbonique et d'eau (air expiré) est expulsé pour être remplacé par l'air chargé d'oxygène (air inspiré); et comme les poumons ne se

T, trachée. — P, cavité du poumon. — E, B, surface respiratoire (Kôssa)

vident jamais complètement de l'air qu'ils contiennent, il suit qu'il y a toujours mélange d'une partie de l'air expiré et d'une partie de l'air inspiré. L'acte par lequel les poumons se vident complètement de l'air chargé d'acide carbonique et de vapeur d'eau est reçu le nom d'*expiration*, et on a donné le nom d'*inspiration* à l'acte par lequel l'air atmosphérique pénètre dans l'appareil aérien.

Le mécanisme de l'inspiration et de l'expiration, le rôle de ces deux actes par le poumon, le thorax et les muscles respiratoires, en un mot, les *phénomènes mécaniques de la respiration* seront étudiés avec les mouvements; il ne s'agit que des phénomènes physico-chimiques de la respiration.

Nous étudierons successivement le rôle de l'air, du sang, du poumon dans la respiration, les échanges gazeux respiratoires, l'absorption d'oxygène, l'élimination d'acide carbonique, d'acide lactique, de vapeur d'eau, et les variations de ces échanges gazeux dans les diverses conditions de l'organisme.

a. — De l'air dans la respiration.

1. — AIR INSPIRÉ.

Nous inspirons en moyenne un demi-litre ou 500 centimètres cubes d'air à chaque inspiration, ce qui donne par heure environ 12 litres et 9,000 en 24 heures. (Voir : *Mécanique de la respiration*.) Il est donc important d'étudier à ce point de vue la composition et les propriétés de l'air atmosphérique.

L'air atmosphérique contient, sur 100 parties :

	En volume.	En poids.
Oxygène	20,8	23
Azote.	79,2	77
	<hr/> 100,0	<hr/> 100

Il contient en outre des traces d'acide carbonique et de vapeur d'eau.

La quantité d'*acide carbonique* varie de 4 à 6 dix-millièmes. Elle est plus forte dans les lieux habités et plus grande pendant la nuit que le jour.

La *vapeur d'eau* contenue dans l'air s'y trouve à l'équilibre.

visible ou à l'état de vapeur vésiculaire. La quantité variant la température, et cette quantité peut être d'autant considérable que la température est plus élevée; aussi en est-elle plus grande en été qu'en hiver.

hygrometrique ou l'humidité de l'air ne dépend pas de la proportion de vapeur d'eau qu'il contient, mais de ce fait que cet air est plus ou moins près de son point de saturation; aussi l'air est-il plus sec en été qu'en hiver, quoiqu'il y ait une quantité absolue de vapeur d'eau y soit plus forte. Cet état hygrometrique s'exprime par la *fraction de saturation*, c'est-à-dire la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air divisée par la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir à saturation à la même température.

En outre, l'air contient des poussières, des produits de décomposition des substances minérales, du carbonate d'ammoniaque, de l'hydrogène protoxygéné, de l'acide azotique, de l'azote d'ammoniaque (Schœnbein), de l'ozone, des principes volatils d'origine organique, des principes organiques, etc.

Les conditions ont de l'influence sur la respiration, la température et la pression.

Température de l'air atmosphérique présente d'assez grandes variations. Quand l'air est dilaté par la chaleur, nous inspirons un air plus raréfié, autrement dit la quantité d'oxygène inspiré est moindre. Chaque inspiration fait entrer dans nos poumons environ un demi-litre d'air, et 0,101 d'oxygène à température de 0°. A + 40°; ce demi-litre d'air ne contient plus que 0,0915 d'oxygène. En effet, le coefficient de dilatation de l'air est 0,00367, et 100 volumes d'air à 0° occupent 103,67 volumes à + 40°. Aussi, quand la température s'élève de façon notable sommes-nous obligés, pour compenser la raréfaction de l'air inspiré et retrouver la quantité d'oxygène nécessaire, d'augmenter le nombre et la profondeur des respirations.

Pression de l'air atmosphérique est de 760 millimètres en moyenne au niveau de la mer, mais ce qui intéresse le physiologiste au point de vue de l'échange des gaz, c'est, non pas la pression barométrique totale, mais la *pression partielle* de chaque gaz de l'air et spécialement de l'oxygène. Ces pressions

partielles sont proportionnelles aux quantités de gaz contenues dans l'air atmosphérique : Ainsi :

$$\text{La pression de l'oxygène.} = \frac{760 \times 20,8}{100} = 158 \text{ millimètres}$$

$$\text{La pression de l'azote.} = \frac{760 \times 79,2}{100} = 601 \text{ millimètres}$$

$$\text{La pression de l'acide carbonique} = \frac{760 \times 0,0005}{100} = 0,38 \text{ millimètres}$$

On verra plus loin que les pressions partielles ne sont tout à fait les mêmes dans l'intérieur des poumons.

2. — AIR EXPIRÉ.

L'air expiré a la composition suivante que je rapproche de celle de l'air inspiré :

	Air expiré.	Air inspiré.
Oxygène.	15,4	20,8
Azote.	79,3	79,2
Acide carbonique . .	4,3	"
	<hr/> 99	<hr/> 100

Il se distingue donc par les caractères suivants de l'air inspiré :

1° Il contient moins d'oxygène;

2° Il contient plus d'acide carbonique; la présence de cet acide carbonique dans l'air expiré se démontre d'une façon simple; il suffit de souffler par un tube dans de l'eau de chaux ou de baryte; l'eau se trouble immédiatement par formation d'un carbonate insoluble qui se précipite;

3° Il contient un peu plus d'azote;

4° Il est saturé de vapeur d'eau qui provient des muqueuses pulmonaire et bronchique. Aussi quand cet air expiré passe dans un air extérieur à température basse comme en hiver, la vapeur d'eau se précipite-t-elle sous forme d'un nuage blanc et épais, le brouillard vésiculaire.

Gréhant a indiqué un procédé pour déterminer l'état hygrométrique de l'air expiré. On remplit d'eau à + 38° un cube de Leslie qui

face argentée et contient un thermomètre voisin de la paroi brillante; on agite légèrement le cube dont l'eau se refroidit peu à peu; on incline alors obliquement sur la paroi argentée, et il arrive un moment où un dépôt de rosée se forme sur cette surface; pour éviter le contact du courant d'air expiré et de la surface argentée, l'opération se fait par un tube fixé dans une cloche appliquée sur le cube de Leslie et entourée d'ouate. Dès qu'il se forme un dépôt de rosée persistant, on note la température du thermomètre. On constate que l'air expiré est sensiblement saturé de vapeur d'eau.

L'air expiré contient en outre ce qu'on a supposé provenir de la cavité buccale, et qui se trouverait dans l'air de la trachée à raison de 0^m,0104. On y a constaté la présence de l'acide carbonique et sulfuré passés de l'intestin, de l'alcool, du camphre, etc. On y a aussi constaté la présence du chlorhydrate d'ammoniaque, du carbonate de soude et d'ammoniaque libre.

On a constaté de petites quantités d'ammoniaque provenant de la décomposition de substances azotées; qui, d'après Lossen, se décomposent en 24 heures on en extrait des traces d'hydrogène et d'azote du sang, de substances azotées, de l'acide urique, de l'acide chlorhydrique, du chlorure de sodium, de l'acide urique, des sels, etc. (Wiederhold, est

La température de l'air expiré est à peu près constante, de 36° environ; il y a cependant de légères différences suivant la température extérieure; ces différences peuvent atteindre 1° entre l'été et l'hiver. (Valentin.)

Le volume de l'air expiré est à peu près égal au volume de l'air inspiré, mais s'il en est ainsi, c'est à cause de la dilatation de l'air expiré due à l'augmentation de température et à la vapeur d'eau. En réalité, si on suppose les deux airs réduits à la même température et desséchés, le volume de l'air expiré est un peu moindre que celui de l'air inspiré, comme 99 : 100. Ceci a été fait, déjà reconnu par Lavoisier, que dans la respiration il disparaît plus d'oxygène qu'il n'en revient sous forme d'acide carbonique.

3. — MASSE GAZEUSE DES POUMONS.

On a déterminé le volume de la masse gazeuse contenue dans les poumons avant l'état d'inspiration ou d'expiration dans lequel se trouvent les poumons et suivant l'amplitude de ces deux actes.

sidu respiratoire, variable suivant les différents (repos, mouvement, taille, etc.), est de 1,200 cm en moyenne. Le résidu respiratoire ne s'échappe du poumon se vide complètement, quand par excision aux parois thoraciques avec ouverture de

b) *Réserve respiratoire*. C'est l'air qui reste dans en sus du résidu respiratoire, après une expiration. Dans les conditions normales, en effet, nous la dans les poumons une certaine quantité d'air qui expulsée par une expiration forcée; cette réserve peut être évaluée à 1,600 centimètres cubes.

c) *Quantité normale d'air inspiré ou expiré*. Cette quantité est de 500 centimètres cubes.

d) *Air complémentaire*. — C'est l'excès d'air qu'on prend, dans les inspirations les plus profondes, au-dessus de la quantité normale. Cette quantité d'air complémentaire est de 1,670 centimètres cubes.

Les quantités *b*, *c*, *d* constituent la partie mobile de la masse gazeuse. Leur ensemble $b + c + d$ que Hutchinson appelle la *capacité vitale du poumon*, est la quantité d'air expiré ou inspiré dans une respiration la plus possible. Elle égale 3,770 centimètres cubes chez l'homme vigoureux.

Le résidu respiratoire et la réserve respiratoire constituent la *capacité pulmonaire* de Gréhant. Elle est évaluée à 1,200 centimètres cubes en moyenne.

Le tableau suivant résume ces diverses notions

pour mesurer ces diverses quantités. — CAPACITÉ VITALE. — 1^{re} Spiromètre d'Hutchinson (fig. 77 et 78). — Le



Fig. 77. — Spiromètre d'Hutchinson.

Fig. 78. — Spiromètre d'Hutchinson.

Hutchinson est construit sur le principe des gazomètres. Il se compose d'un réservoir rempli d'eau dans lequel est renversée (20) munie à sa partie supérieure d'une cloche (17) qui se ferme à volonté par un bouchon (17). Cette cloche est maintenue en équilibre par des cordes (11) qui s'enroulent sur des poulies (18) et des poids (12) de façon à se maintenir en équilibre quand elle soit placée. Un tube en U est ajouté à l'ap-

pareil; une de ses branches est intérieure, située dans le réservoir et remonte jusqu'au niveau de l'eau du réservoir à la partie supérieure de la cloche. l'autre branche, extérieure au réservoir, se continue avec un tube de caoutchouc (14) terminé par un embout (19). Après avoir fait une inspiration la plus profonde possible, la personne en expérience adapte l'embout à sa bouche et fait une expiration forcée, le nez étant hermétiquement fermé, l'air expiré arrive dans la cloche par le tube en U la soulève (fig. 78, page 427), et la quantité du soulèvement, mesurée par une règle graduée (15) mobile avec la cloche, donne le volume de l'air expiré ou la capacité vitale. — 2° *Spiromètre de Schnepf* (fig. 79). Schnepf a modifié avantageusement le spiromètre d'Ilutkinson. La construction est la même, mais la cloche n'est équilibrée que par un seul contre-poids, et la chaîne qui le supporte est formée d'anneaux légers qui compensent les variations que subit le poids de la cloche suivant qu'elle plonge plus ou moins dans l'eau du réservoir.

On a imaginé un grand nombre d'appareils spirométriques, pour la description desquels je renverrai aux traités de diagnostic médical et de séméiologie, tels sont le *spiromètre* de Boudin, le *pneumatomètre* de Bonnet, le *pneumomètre à Arclue* de Bergeon et d'autres. L'appareil (fig. 80, page 429) est disposé de la façon suivante : la lame mobile, V, en aluminium, forme la partie posée

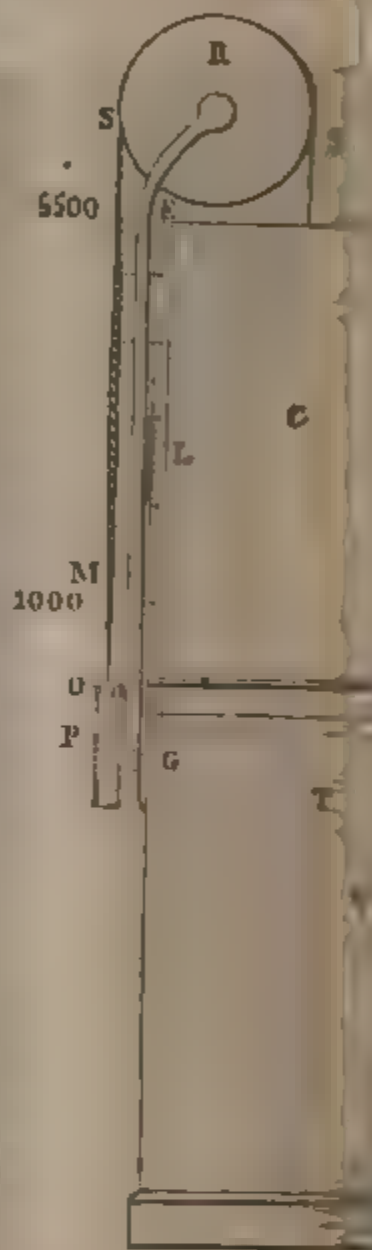


Fig. 79. — Spiromètre.

Fig. 79. — V, cylindre de laiton. — T, T, tube respiratoire. — A, embout. — P, contre-poids. — S, chaîne. — B, poulie. — L, échelle. — M, flotteur. — G, gaines qui soutiennent l'échelle. — T, niveau du liquide du réservoir. — O, partie inférieure ouverte du gazomètre.

angulaire mise en communication en A avec un tube res-
terminé par un embout. L'axe de rotation de la valve porte



Fig. 80. — Anapnographie de Bergeon et Kaelin. (Voir page 428.)

très-léger, S, qui écrit sur une bande de papier animée d'un mouvement uniforme tous les mouvements de la valve. Des ressorts et des boutons R, R, ramènent la valve dans la position d'équilibre. La personne en expérience applique l'embout sur le nez, et au moment de respiration (inspiration et expiration), les variations de pression de l'air des voies aériennes se transmettent à l'air contenu dans le tube rectangulaire et amènent des mouvements de va-et-vient du levier S inscrits par le levier S. L'anapnographie, qui a été depuis perfectionnée par Bergeon, donne non-seulement la pression, mais la direction de l'air inspiré et expiré, et la vitesse du courant d'air.

ARTÈRE PULMONAIRE. — Procédé de Gréhant. — Ce procédé est dû à un fait reconnu par Regnault et Reiset, que l'hydrogène n'est pas absorbé en très-petite quantité par les poumons. On fait passer dans un bocal de 3 à 4 litres pleine d'eau, un litre d'hydrogène pur,

c'est-à-dire une quantité égale à une large inspiration, la cloche munie à sa partie supérieure d'un robinet et d'un tube de caoutchouc par un caoutchouc. La personne en expérience introduit l'air par la bouche, les narines étant hermétiquement fermées, et le gaz hydrogène de la cloche, qui reçoit aussi l'air expiré, on ouvre la cloche à la fin d'une expiration et on le ferme après plusieurs respirations. On a alors, dans la cloche, un mélange homogène, d'oxygène, d'azote et d'acide carbonique dont on fait l'analyse par les procédés ordinaires; ce mélange, comme s'en est l'analyse, est identique comme proportion d'hydrogène avec l'air des poumons, autrement dit l'hydrogène, après 5 expirations fait la cloche, est distribue uniformément dans les poumons et dans la cloche, il n'y a donc plus qu'une proportion à faire, proportion de l'air et de l'hydrogène. On connaît trois termes, la quantité pour 100 d'hydrogène de la cloche à la fin de l'expérience et la quantité d'hydrogène = 1000 au début de l'expérience, il est facile d'en tirer le quatrième terme, le volume d'air contenu dans les poumons et dans la cloche, c'est la capacité pulmonaire. Si, par exemple, l'air de la cloche à la fin de l'expérience renferme 23,5 centimètres cubes d'hydrogène, on aura la proportion:

$$23,5 : 100 :: 1000 : x = \frac{100 \times 1000}{23,5} = 4,255.$$

$x = 4,255$ représente le volume d'air contenu dans les poumons et dans la cloche, et la quantité d'air contenue dans les poumons à une inspiration d'un litre sera $4,255 - 1000 = 3,255$, c'est la capacité pulmonaire.

Pour avoir le volume absolu des poumons, il faudra encore faire la correction barométrique et la correction de température. V , le volume à t degrés, f , la tension maximum de la vapeur d'eau à T degrés, T , la température de l'air expiré, F , la tension maximum de la vapeur d'eau à T degrés, H , la pression barométrique, α , le coefficient de dilatation des gaz, V^a , le volume absolu de l'air des poumons, la formule suivante:

$$V^a = \frac{V (1 + T\alpha)(H - f)}{(1 + t\alpha)(H - F)}$$

La capacité pulmonaire peut aussi s'apprécier directement sur un cadavre, en adaptant à la trachée un tube qui se rend dans une cloche sous le mercure. On ouvre alors les parois thoraciques et les poumons s'affaissent et chassent l'air qu'ils contiennent dans la cloche où on peut le mesurer.

La capacité vitale varie de 2 litres et demi à 4 litres.

ne vigoureux, elle est d'environ 3,770 centimètres cubes. femme, elle est plus faible, 2,500 centimètres cubes en- le augmente jusqu'à 35 ans, pour diminuer ensuite. chepf, un enfant de 5 à 7 ans renvoie 800 à 1,000 es cubes d'air par une très-forte expiration, c'est-à- is moins qu'un adulte. A la puberté, la capacité vitale très-vite.

acité vitale augmente avec la taille (Hutchinson) et la ce de la poitrine (Arnold.) Chez l'adulte, elle s'accroît itimètres cubes (40 chez la femme) par centimètre de tableau suivant, emprunté à Vierordt, donne la capa- chez les adultes pour les es tailles :

Taille en centimètres.		acité vitale centimètres cubes.
154,5	à 157	2,635
157	à 159,5	2,841
159,5	à 162	2,982
162	à 164,5	3,167
164,5	à 167	3,287
167	à 169,5	3,484
169,5	à 172	3,560
172	à 174,5	3,634
174,5	à 177	3,842
177	à 179,5	3,884
179,5	à 182	4,034
182		4,454

vement augmente le volume de l'air expiré. Si on re- par 1 le volume de l'air expiré dans le décubitus dorsal, les chiffres suivants (Smith) :

Décubitus dorsal . . .	1
Station assise.	1,18
Lecture	1,26
Station debout	1,33
Marche lente.	1,9
Marche rapide	4,0
Course	7,0

osition de la masse gazeuse des poumons. — La azense des poumons n'a pas une composition uniforme , t pas la même dans les diverses parties des voies aérien- ur contenu dans les couches profondes est plus pauvre

en oxygène, plus riche en acide carbonique et en vapeur d'eau. Si l'on fractionne en deux portions l'air expiré, la première portion, qui vient des parties supérieures de l'arbre aérien, contient moins d'acide carbonique (3,7 p. 100) que la deuxième (5,4 p. 100) qui vient des parties plus profondes (Vierordt). Cette différence de composition, il résulte que, même en l'absence de tout mouvement respiratoire, il s'établit dans les voies respiratoires des courants de diffusion, un courant d'air allant de haut en bas, et un courant d'acide carbonique allant de bas en haut. Si on arrête complètement tout mouvement de respiration et qu'on mette par la bouche grande ouverte les poumons en communication avec un réservoir d'air, on y trouve au bout d'un certain temps des quantités appréciables d'acide carbonique. Ce sont ces courants qui, dans les cas d'hibernation et de mort apparente, suffisent pour entretenir la respiration sans ventilation pulmonaire. Mais ce sont là des cas exceptionnels et, à l'état normal, pour entretenir la vie, il faut une inspiration et par suite une ventilation plus active.

L'air des vésicules pulmonaires doit être plus chargé d'acide carbonique que l'air expiré. Il est difficile de l'évaluer d'une façon précise. Cependant, en ayant égard à la composition des dernières fractions de l'air expiré, on pourrait admettre 7 p. 100 d'acide carbonique; cette composition est du reste variable, et dans l'inspiration la proportion d'acide carbonique doit être moins considérable et se rapprocher de la composition de l'air expiré. En effet, dans l'inspiration, les vésicules pulmonaires se dilatent et leur cavité se remplit de l'air plus pur des divisions bronchiques.

Le renouvellement de l'air dans les poumons se fait d'une façon suivante: A chaque inspiration 500 centimètres cubes d'air en moyenne, pénètrent dans les poumons. Cet air pur ne parvient pas du premier coup jusqu'aux vésicules pulmonaires, il se mélange d'abord dans les premières divisions bronchiques où les courants de diffusion s'établissent rapidement entre lui et l'air vicié plus profondément situé. L'expiration qui fait suite à cette inspiration renvoie 500 centimètres cubes d'air vicié sur lesquels 170 centimètres cubes d'air pur sont rejetés avec l'air vicié contenu antérieurement dans les poumons. En effet, en remplaçant l'air pur, d'après le procédé de Gréhant, par de l'hydrogène, on retrouve 170 centimètres cubes d'hydrogène dans l'air expiré.

reste dans les poumons, après une expiration normale, 11 centimètres cubes d'air pur, à peu près les deux tiers de la capacité pulmonaire. Cet air, ainsi introduit par une inspiration, se mélange avec l'air qui reste dans les poumons avec une grande rapidité. On appelle *coefficient de ventilation* le chiffre qu'on obtient en divisant la quantité d'air pur introduit dans les poumons par la capacité pulmonaire ou la quantité d'air qui reste dans les poumons avant l'expiration ; ce chiffre est environ 0,060 ; c'est-à-dire qu'à chaque inspiration les poumons reçoivent à chaque expiration 11 centimètres cubes d'air pur renfermant 2^{es},35 d'oxygène.

On appelle *coefficient de ventilation angulaire* le rapport du coefficient de ventilation angulaire au volume de l'air pur emprunté à l'expiration. Ce coefficient est environ 0,135 ; c'est-à-dire qu'à chaque inspiration les poumons reçoivent à chaque expiration 11 centimètres cubes d'air pur renfermant 2^{es},35 d'oxygène.

Volume de l'expiration.	Volume d'hydrogène expiré.	Volume d'hydrogène inspiré.	Volume de l'air pur inspiré.	Coefficient de ventilation.
345	161,5	138,5	2,295	0,060
475	180	320	2,365	0,135
625	231,2	368,8	2,315	0,159
1,300	464,1	535,9	2,04	0,263

D'après ce tableau, que l'augmentation du coefficient de ventilation n'est proportionnelle à l'augmentation du volume de l'air pur inspiré qu'à partir d'un certain chiffre, un demi-litre d'air pur, tandis que, pour les inspirations au-dessous d'un demi-litre, il n'en est plus ainsi. Aussi des inspirations peu profondes ne renouvellent-elles que d'une façon très-incomplète l'air des poumons. Par exemple, 18 inspirations, d'un demi-litre chacune, font pénétrer dans les poumons 9 litres d'air pur, tandis que 36 inspirations, d'un demi-litre chacune, font pénétrer dans les poumons 10^l,800, près de 11 litres d'air. De là l'utilité de la gymnastique respiratoire.

— PRESSION DE L'AIR DES POUMONS.

On peut mesurer la pression de l'air des poumons. — Cette pression peut se mesurer en adaptant à un ballon, un tube en caoutchouc, qui se termine dans la trachée.



Fig. 81. — Graphique respiratoire (femme),

le graphique de la respiration chez une femme ; la durée de l'expiration était de 3 secondes environ. La croix indique le commencement de la respiration ; la ligne ascendante correspond à l'augmentation de pression, c'est-à-dire à l'expiration ; la ligne descendante, à la diminution de pression. 2° Chez les animaux, on peut introduire le tube dans la trachée et on fait communiquer le tube avec un manomètre, soit avec le tambour du polygraphe (figure 82, page 435). Mais pour éviter une trop grande élévation du levier, et empêcher l'asphyxie, on interpose entre la trachée et le tambour un récipient d'une certaine capacité. À l'expiration, la pression augmente dans les voies pulmonaires, l'appareil se dilate et soulève le levier du tambour, c'est la respiration. La figure 83, page 435, représente le graphique de la pression intra-pulmonaire chez le lapin, graphique polygraphique : chaque respiration a une durée de 3 secondes.

se contenter d'appliquer une muselière de caoutchouc qui embrasse étroitement le museau et communique par un tube en caoutchouc



Fig. 82. — Enregistrement direct des mouvements de l'air respiré. (Bert.)

le tambour du polygraphe. (Bert.) On peut enregistrer indirectement les changements de pression intra-pulmonaire, en plaçant l'animal dans une cloche hermétiquement fermée, et en enregistrant les changements de pression de l'air de la cloche, quand l'air est raréfié dans



Fig. 83. — Graphique respiratoire (lapin).

l'expiration de l'animal (inspiration), il est comprimé dans la cloche et se raréfie. (Bert.)

L'emploi du tambour du polygraphe est très-commode pour enregistrer les différences de pression, mais quand on veut mesurer exacte-

calme, de 87 et plus dans les expirations profondes.

Il est facile maintenant de calculer avec ces chiffres des pressions partielles de l'oxygène et de l'azote dans l'air inspiré et expiré; c'est ce que donne le tableau suivant :

		Pression de l'air.	Pression de l'oxygène.
Inspiration	{ calme. . .	$760 - 1 = 759$	157
	{ profonde. .	$760 - 57 = 703$	146
Expiration	{ calme. . .	$760 + 2 = 762$	117
	{ profonde. .	$760 + 87 = 847$	120

Mais ces chiffres ne donnent pas les pressions plus importantes à connaître, celles de l'oxygène et du carbone carbonique dans les vésicules pulmonaires. Ces pressions sont très-difficiles à déterminer, vu l'incertitude dans les données sur la composition réelle de l'air des vésicules pulmonaires. Sa composition varie assez peu dans l'inspiration et l'expiration calme, mais dans les inspirations profondes elle s'en rapproche de celle de l'air inspiré, et dans les expirations profondes elle s'en éloigne le plus. Les chiffres suivants représentent une composition approximative de l'air des vésicules, en équilibre avec l'air inspiré et expiré :

(1) Les pressions partielles, P, ont été calculées d'après la formule $P = \frac{H \times Q}{100}$, H représentant la pression de l'air inspiré ou expiré, Q le volume de gaz pour 100 volumes :

$P = \frac{H \times Q}{100}$

n d'oxygène et d'acide carbonique dans les diverses phases respiration. Je donne en même temps les pressions partielles correspondantes :

	OXYGÈNE.		ACIDE CARBONIQUE	
	Proportion p. 100.	Pression partielle.	Proportion p. 100.	Pression partielle.
au calme . .	17	129 mill.	4	30 mill.
en profonde .	20	1 —	1	7 —
au calme . .	16	1 —	5	38 —
en profonde .	13	1 —	8	67 —

b. — Du sang dans la respiration.

Le sang présente plusieurs conditions essentielles au point de vue des échanges gazeux respiratoires : sa composition chimique, la portion des gaz qu'il contient et la pression de ces gaz, la quantité de sang qui traverse le poumon en un temps donné.

Composition du sang. — Certains principes du sang ont de l'importance chimique pour les gaz respiratoires ; ce sont d'une part l'hémoglobine, de l'autre certains sels du plasma.

L'hémoglobine fixe l'oxygène et constitue avec lui une combinaison, l'oxyhémoglobine (voir page 68). Un gramme d'hémoglobine absorbe 1,2 à 1,3 centimètre cube d'oxygène à 0° et à 760 mm de pression).

Certains sels du plasma fixent l'acide carbonique ; tels sont le chlorure de sodium et peut-être le phosphate de sodium du plasma.

En outre, les globules rouges auraient la propriété de fixer une certaine quantité d'acide carbonique en une combinaison encore inconnue. (A. Schmidt, Mathieu.)

Proportion des gaz du sang — La composition des gaz du sang a été donnée, pages 95 et 104. Au point de vue de la respiration, ce qui serait essentiel à connaître, ce serait la quantité des gaz dans le sang des capillaires du poumon. Cette quantité n'est pas possible à déterminer expérimentalement d'une façon précise, mais elle est certainement analogue sinon identique à celle qui existe dans le sang veineux du cœur droit, et serait par conséquent la suivante ; je donne ici les chiffres ordinaires (A) et les plus forts de Mathieu et Urban (B) ; ces chiffres, du reste,

Procédés pour apprécier la pression des gaz du sang. On agite du sang avec une quantité déterminée d'oxygène ou de carbonique, la tension de ces gaz, après l'agitation, donne la tension des gaz dans le sang; en effet, on connaît la quantité primitive et sa tension, la quantité de gaz abandonnée par le mélange; on en tire facilement la tension du gaz dans le sang. Pflüger et Strassburg ont employé pour mesurer cela un appareil particulier, l'*aérotomètre*, pour la description de cet appareil renvoie au mémoire original. (*Archiv. de Pflüger*, VI^e vol., p. 100.)

On peut apprécier la tension de l'acide carbonique dans le sang du poumon de la façon suivante (Wolffberg): A l'aide d'un appareil particulier, *cathéter pulmonaire*, on isole à volonté sur l'animal l'air d'un lobe du poumon dans lequel la circulation continue à faire; la respiration continue dans tout le reste du poumon; d'un certain temps, quand la pression s'est égalisée entre l'air et le sang, la tension de l'acide carbonique dans l'air et le sang bonique du sang des capillaires et celui qui est contenu dans le sang pulmonaire, on analyse le gaz de cette partie isolée et on en détermine la quantité et par suite la tension de l'acide carbonique dans les capillaires pulmonaires. (*Archiv. de Pflüger*, IV^e vol., p. 465.)

On est arrivé par ces méthodes (Strassburg) aux chiffres suivants (chien) :

	Tension de l'oxygène.	Tension de l'acide carbonique.	Proportion d'oxygène p. 100
Sang artériel . . .	29 ^{mm} ,6	21 mill.	3,9
Sang veineux . . .	22 ,0	41 —	2,9

La tension de l'acide carbonique dans le sang des

le carbonique contenu dans l'air des vésicules paraît dépasser 5,4 p. 100 et atteindre 8 p. 100 environ. La pression du sang dans les capillaires est plus constante, sans pouvoir donner des chiffres précis, peut-être oublier (?) les chiffres précédents pour avoir la valeur fixe de la pression des gaz dans les capillaires du p. aurait alors pour les tensions chez l'homme :

	Tension de l'oxygène.	Tension de l'acide carbonique.
Artériel	59mm,4	42 mill.
Veineux	44 ,6	82 —

complication cette question du rôle de la pression des gaz dans la respiration, c'est qu'une partie de ces gaz se lie à l'hémoglobine (oxygène) et aux sels (acide carbonique), dans ces combinaisons, les gaz sont encore, certaine mesure difficile à déterminer, sous la dépendance la pression, pour ce qui concerne leur absorption et libération.

Quantité du sang. — À chaque systole, le ventricule droit envoie le poumon 180 grammes de sang veineux, de sorte que pendant la durée d'une respiration, il passe par les capillaires pulmonaires environ 700 grammes de sang veineux (1) contenant minimum 245 centimètres cubes d'acide carbonique et 105 centimètres cubes d'oxygène. Ces 700 grammes de sang sont donc transformés en sang artériel, contiennent 210 centimètres cubes d'acide carbonique et 105 centimètres cubes

de sang artériel. Ces chiffres, il y aurait donc dans une respiration normale, demi-litre (inspiration et expiration) 35 centimètres cubes d'acide carbonique d'éliminés, et 42 centimètres cubes d'absorbés. Ces chiffres paraissent cependant trop faibles si on se reporte aux analyses de l'air expiré; en effet, on trouve que 21,5 centimètres cubes d'acide carbonique et 105 centimètres cubes d'oxygène. Il est difficile de déterminer à l'avance l'écart entre ces chiffres, à moins, ce qui est possible, de connaître la quantité de 180 grammes de sang admise

pendant 4 systoles pendant la durée d'une respiration : 180 X

de cette surface, soit 150 metres carres. (Küss.) La base pulmonaire peut donc être considérée comme formée d'une nappe sanguine d'épaisseur égale au diamètre des capillaires du poumon ($0^{\text{mm}},008$ en moyenne), nappe sanguine qui se renouvelle continuellement, et qu'on peut évaluer à un litre.

On verra plus loin quel rôle on a fait jouer au tissu conjonctif lui-même dans les échanges gazeux respiratoires.

d. — Échanges gazeux.

Les échanges gazeux entre le sang et l'air intra-pulmonaire se font, en grande partie, d'après les lois physiques de l'équilibre et de la diffusion des gaz. Mais il ne faut pas croire à un simple échange tel que le supposait Magnus, à un échange direct de l'acide carbonique par l'oxygène. Quand l'oxygène par exemple, est en présence d'un liquide, la dissolution de ce gaz dépend uniquement, toutes choses égales d'ailleurs, de l'excès de pression de l'oxygène extérieur sur la pression de l'oxygène dissous dans le liquide, et la présence d'un autre liquide d'un gaz différent, comme l'hydrogène, sera sans influence. Il en est de même pour la diffusion d'un gaz à travers un liquide. Si on place un liquide contenant de l'acide carbonique sous la pression d'une atmosphère d'oxygène, l'acide carbonique passera comme dans le vide, et si l'atmosphère extérieure est saturée de l'acide carbonique, le gaz dissous s'échappera tant que la pression dépassera la pression partielle du gaz dans l'air.

des lois physiques. Cependant, même dans ce cas, l'ordre de leur combinaison, leur absorption et leur élimination, dans de certaines limites, sous la dépendance de

les fonctions gazeuses consistent en quatre actes principaux : l'absorption d'oxygène, l'élimination d'acide carbonique, d'azote et d'eau.

A. — ABSORPTION D'OXYGÈNE.

Une inspiration d'un demi-litre fait pénétrer dans les poumons 500 centimètres cubes d'oxygène qui, par la diffusion, pénètre à peu près jusqu'à la fin des bronches et des vésicules. Cette diffusion se fait assez rapidement : les deux tiers de l'oxygène inspiré sont éliminés avec l'air expiré ; deux tiers, ou 333 centimètres cubes d'oxygène, restent dans les poumons, et une fois dans les vésicules, cet oxygène se trouve en contact avec la circulation et les capillaires sanguins. Nous absorbons ainsi en une inspiration 333 centimètres cubes (à 0° et 760 mill. de pression) valant à 744 grammes d'oxygène.

Plusieurs conditions interviennent dans l'absorption de l'oxygène, la température, l'humidité et la pression. C'est par l'affinité chimique que l'hémoglobine des globules rouges s'empare de l'oxygène au fur et à mesure que cet oxygène est absorbé par le plasma sanguin ;

essentiel, et le tableau suivant, qui donne les pressions de l'oxygène dans l'air des vésicules et dans le sang, indique sous quelle pression se fait l'absorption de ce gaz par le sang dans les actes respiratoires.

	TENSION DE L'OXYGÈNE		Différence
	dans les capillaires des poumons.	dans l'air des vésicules.	
Inspiration calme . . .	44 mill.	129 mill.	85 mill.
Inspiration profonde . .	44 —	140 —	96 —
Expiration calme . . .	44 —	121 —	77 —
Expiration profonde . .	44 —	110 —	66 —

On voit par ce tableau que l'absorption de l'oxygène se fait à la même pression dans l'inspiration comme dans l'expiration, mais plus faiblement dans cette dernière. Il faut cependant remarquer que, dans ce tableau, la pression de l'oxygène dans les capillaires a été supposée la même dans l'inspiration et dans l'expiration (voir : Circulation du sang). L'affinité des globules rouges pour l'oxygène explique comment il se fait qu'on puisse continuer à respirer dans une atmosphère très-raréfiée, et comment, lorsqu'on fait respirer un animal dans un espace clos, l'oxygène finit par disparaître, même quand cet espace clos était primitivement rempli d'oxygène pur.

L'absorption d'oxygène augmente par le mouvement; on a trouvé les chiffres suivants pour les quantités d'oxygène absorbées par heure dans le repos et dans le mouvement :

	Age.	Poids du corps.	Repos.	Mouvement.
Homme . . .	42 ans	63 kilogr.	27 ^{cc} ,7	120
Homme . . .	42 —	85 —	32 ,8	142
Homme . . .	47 —	73 —	27 ,0	120
Homme . . .	18 —	52 —	39 ,1	100
Femme . . .	18 —	62 —	27 ,0	100

Le froid augmente aussi l'absorption d'oxygène.

B. — ÉLIMINATION D'ACIDE CARBONIQUE.

Une expiration d'un demi-litre renvoie 21,5 centimètres cubes d'acide carbonique environ, ce qui donne pour 24 heures 516,00 centimètres cubes ou 900 grammes d'acide carbonique.

L'élimination de l'acide carbonique du sang par la respiration pulmonaire se fait, pour la plus grande partie, en vertu

la diffusion, et la pression réciproque de l'acide dans le sang et dans l'air des vésicules pulmonaires jouent un rôle. Le tableau suivant donne ces tensions :

	TENSION DE L'ACIDE CARBONIQUE		Différence de tension.
	dans le sang des capillaires.	dans l'air des vésicules.	
calme. . .	82 mill.	30 mill.	52 mill.
profonde .	82 —	7 —	75 —
calme. . .	82 —	38 —	44 —
profonde. .	82 —	67 —	15 —

La diffusion de l'acide carbonique se fait donc principalement de l'inspiration, et plus la pression de l'acide extérieur diminuera, plus l'élimination sera rapide. On arrive par des inspirations profondes qui, par une énergique ventilation, chassent l'air vicié des vésicules et remplacent par de l'air pur presque dépourvu d'acide carbonique. Quand, au contraire, la ventilation pulmonaire de l'acide carbonique s'accumule dans les poumons, sa pression augmente dans les vésicules pulmonaires, et il peut arriver un point où, sa pression équilibrant celle de l'acide carbonique du sang, ce dernier n'est plus éliminé. On peut démontrer facilement, en faisant respirer un animal dans une atmosphère d'oxygène contenant 30 p. 100 d'acide carbonique, l'absorption d'acide carbonique par le sang, la pression d'acide carbonique dans les vésicules dépassant alors celle de l'acide carbonique du sang.

Comment l'élimination de l'acide carbonique dans la respiration a-t-elle lieu ? Sous l'influence de l'excès de pression ou bien sous l'influence d'autres conditions ? Des recherches récentes tendent à prouver que l'oxygène n'est pas sans influence sur ce phénomène.

Si on agite du sang avec de l'oxygène, il dégage de l'acide carbonique que si on l'agite dans le vide ou avec un gaz inerte, l'acide carbonique ainsi éliminé est probablement troublé par l'oxygène. On a admis aussi que l'oxygène se trouve fixé dans les globules rouges (Mathieu et Berthelot) et qu'il se trouve déplacé par l'oxygène. On a admis aussi que dans le même du poumon un corps [acide pneumique (?) ou acide uréique, taurine (?)] qui chasserait l'acide carbonique.

INFLUENCE DES MOUVEMENTS RESPIRATOIRES SUR L'ÉLIMINATION DE L'ACIDE CARBONIQUE. — Cette influence a été surtout étudiée par Berthelot, auquel sont empruntés les tableaux suivants

1° Nombre des respirations. — Si on augmente le nombre des respirations en leur conservant la même profondeur (un demi environ), la quantité absolue d'acide carbonique exhalé s'accroît mais pas dans la même proportion que le nombre des respirations.

Nombre de respirations par minute.	Quantité d'air expiré en centimètres cubes.	Quantité d'acide carbonique expiré en cent. cubes.	Acide carbonique pour 100 vol d'air expiré
—	—	—	—
12	6,000	258	4,3
24	12,000	420	3,5
48	24,000	744	3,1
96	48,000	1,392	2,9

2° Profondeur de la respiration. — Si l'on augmente la profondeur des respirations, à fréquence égale (12 par minute), la quantité absolue d'acide carbonique augmente, mais pas dans la même proportion que la profondeur.

Quantité d'air expiré en centimètres cubes.	Acide carbonique expiré en centimètres cubes.	Acide carbonique pr 100 volumes d'air
—	—	—
500	21	4,3
1,000	36	3,6
1,500	51	3,4
2,000	64	3,2
3,000	72	2,4

3° Durée de la pause expiratoire. — Quand les respirations s'arrêtent pendant un certain temps, l'air des poumons se charge de plus en plus d'acide carbonique. Cette augmentation d'acide carbonique est d'abord rapide, puis plus lente, et varie en raison inverse suivant la profondeur des respirations. Dans la première expérience, A, la quantité de l'air expiré était de 1,800 centimètres cubes par la seconde, B, de 3,600 centimètres cubes.

Durée de l'arrêt de la respiration en secondes.	A — Air expiré = 1800 c. cubes.		B — Air expiré = 3600 c. cubes.	
	Quantité d'acide carbonique expiré		Quantité d'acide carbonique expiré	
	en cent. cubes.	p. 100.	en cent. cubes.	p. 100.
—	—	—	—	—
20	108,5	6,03	183	5,0
25	111,2	6,18	—	—
30	115,0	6,39	—	—
40	119,0	6,62	205	5,6
50	119,0	6,62	—	—
60	120,9	6,72	228	6,3
80	—	—	240	6,7
100	—	—	265	7,4

INFLUENCE DE L'ÂGE ET DU SEXE. — L'exhalation d'acide carbonique paraît augmenter jusqu'à 30 ans et diminuerait ensuite. Le tableau suivant, d'Andral et Gavarret, donne la quantité d'acide carbonique exhalé en 24 heures pour différents âges :

Age.	Quantité d'acide carbonique exhalé en grammes.
8 ans	440
15 —	765
16 —	949
18 à 20 ans	1,002
29 à 40 —	1,072
40 à 60 —	887
60 à 80 —	808

En façon générale, l'élimination d'acide carbonique est plus abondante chez l'homme que chez la femme. La différence se fait surtout marquée à l'époque de la puberté où elle serait presque du double. (Andral et Gavarret.) Le tableau suivant de même fait saisir ces différences, en même temps que celles de l'âge :

Age.	Poids du corps en kilogr.	ACIDE CARBONIQUE ÉLIMINÉ PAR HEURE.	
		Quantité absolue.	Par kilogramme du poids du corps.
H. . . 35 ans	65	35 ^{gr} ,5	0 ^{gr} ,51
H. . . 28 —	62	36 ,6	0 ,45
H. . . 16 —	57,7	34 ,3	0 ,59
F. . . 17 —	55,7	25 ,3	0 ,45
H. . . 9 — 7 mois.	22	20 ,3	0 ,92
F. . . 10 —	23	19 ,1	0 ,88

INFLUENCE DE L'ALIMENTATION. — L'alimentation augmente la quantité d'acide carbonique expiré, en augmentant la valeur des respirations, car la proportion centesimale d'acide carbonique de l'air expiré ne varie pas. Cet accroissement d'acide carbonique exhalé se montre une demi-heure environ après le repas, de sorte que la courbe des variations de l'acide carbonique présente deux maxima et correspond exactement à la courbe des variations de la quantité d'air expiré.

La quantité d'acide carbonique expiré croît avec le carbone contenu dans les aliments; les hydrocarbonés et les acides végétaux en fournissent plus que les graisses et les albuminoïdes.

En effet, l'oxygène contenu dans les hydrocarbonés se transforme tout leur hydrogène en eau, et dans le cas d'une nourriture amylacée, presque tout l'oxygène inspiré se transforme en forme d'acide carbonique; pour les graisses et les albumes, au contraire, une partie de l'oxygène sert à former d'autres principes (eau, urée, etc.). Le tableau suivant résume l'influence des divers aliments sur l'acide carbonique expiré; les trois premières colonnes, I, II, III, donnent la proportion de carbone, d'hydrogène et d'oxygène contenue dans 100 parties d'aliment; la colonne IV, la quantité d'oxygène qu'il faut ajouter pour la combustion complète; la colonne V, combien sur 100 parties d'oxygène absorbé il s'en retrouve dans l'acide carbonique expiré; la colonne VI, combien 100 parties d'oxygène oxydent d'aliments simples.

	I. Carbone.	II. Hydrogène.	III. Oxygène.	IV. Oxygène à ajouter.	V. O. dans l'acide carbonique	VI. Aliments
Acide malique.	41,38	3,45	55,17	82,78	110,53	
Sucre	40,00	6,66	53,34	106,67	100,00	
Amidon	44,45	6,17	49,38	118,52	100,00	
Albumine . . .	47,48	4,98	13,14	153,31	82,60	
Graisse	78,13	11,74	10,13	292,14	71,32	

L'influence du thé, du café, de l'alcool est encore contestée. La privation d'aliments diminue la production d'acide carbonique.

D. INFLUENCE DU MOUVEMENT MUSCULAIRE. — L'exercice musculaire augmente l'élimination d'acide carbonique. Pelletier et Voit ont, chez un adulte, trouvé 832 grammes d'acide carbonique pour 24 heures pendant le repos, et 980 grammes pendant un travail modéré. Mais cette quantité peut être portée beaucoup plus haut, au point même qu'il y ait dans l'acide carbonique expiré plus d'oxygène que la respiration n'en a introduit. Chez le chien on produit artificiellement le tétanos des membres antérieurs, la quantité d'acide carbonique expiré augmente considérablement (Sczelkow); voici les chiffres d'acide carbonique expiré par minute pour quelques expériences (en centimètres cubes)

Repos	4,97	7,85	10,58	6,9
Tétanos	13,69	17,62	19,25	12,6

Dans les heures qui suivent immédiatement l'exercice

il y a une légère augmentation ($\frac{1}{100}$) de l'acide carbonique, mais que l'exercice ne soit poussé jusqu'à la fatigue extrême.

INFLUENCE DU SOMMEIL. — Le sommeil diminue l'exhalation d'acide carbonique. Pour 100 parties d'acide carbonique en litres, il y a 58 p. 100 pour le jour et 42 p. 100 pour la nuit. Cet écart augmente considérablement s'il y a eu avant le sommeil un travail musculaire énergique. Ainsi, dans une journée de repos, un homme éliminait par jour 533 grammes d'acide carbonique pour les 12 heures du jour et 395 grammes dans la nuit; dans une journée de travail, il éliminait 856 (jour) et 353 grammes. (Pelltenkofer et Voit.) La température diminue aussi dans l'hibernation.

On a constaté l'influence de la température, de la pression barométrique, etc., voir : *Action des milieux physiques*.

C. — EXHALATION D'AZOTE.

L'air expiré contient toujours un peu plus d'azote que l'air inspiré.

	Azote.
Air inspiré. . .	79.2 p. 100
Air expiré. . .	79.3 p. 100

Il y a donc, dans l'acte de la respiration, élimination d'azote. L'azote peut être évalué à 7 ou 8 grammes par 600 centimètres cubes par jour. Il peut provenir de deux sources :

D'après certains auteurs, Dulong, Despretz, Boussingault, etc., l'azote proviendrait de l'azote de l'alimentation; si on soumet un animal à la ration d'entretien et qu'on lui donne alors une nourriture riche en viande, tout l'azote ingéré ne se retrouve pas dans les urines et les excréments; il y a un déficit d'azote qui serait comblé par une exhalation d'azote par les poumons. Cependant Brouardel et Voit, dans leurs expériences, n'ont pas constaté ce déficit d'azote. Théoriquement, la formation d'azote aux dépens des matières albuminoïdes est difficile à comprendre.

L'azote proviendrait de l'air introduit avec les aliments et serait absorbé dans le canal intestinal et passerait de là dans le sang.

Le coefficient d'absorption du sang pour l'azote est très-faible,

et, à l'état normal, le sang paraît être saturé d'azote. Regnard et Reiset ont, chez l'animal à jeun, observé une inversion complète de la règle, c'est-à-dire une absorption d'azote par la respiration.

D. — EXHALATION DE VAPEUR D'EAU.

Nous exhalons par jour environ 350 grammes de vapeur par la surface pulmonaire.

La vapeur d'eau éliminée avec l'air expiré provient de deux sources: 1° de l'eau du sang (*a*); 2° de l'eau contenue dans l'air inspiré (*b*). La température de l'air expiré ne variant ainsi dire pas, et la vapeur d'eau s'y trouvant très-près du point de saturation, il s'ensuit que la proportion de vapeur de l'air expiré reste toujours la même, et que par conséquent la quantité d'eau perdue par le sang dépendra, à profondeur de respiration égale, de l'état hygrométrique de l'air inspiré; en effet, si la quantité $a + b$ est constante, *a* ne pourra varier si *b* varie en sens inverse.

La quantité absolue de vapeur d'eau éliminée par les poumons augmente avec la profondeur et la durée des respirations; le froid, une diminution de pression barométrique, la sécheresse de l'atmosphère, produisent le même effet.

E. — Respiration dans une enceinte fermée.

Quand on fait respirer un animal dans une enceinte fermée où par conséquent le renouvellement de l'oxygène est impossible, l'air de cette enceinte perd peu à peu son oxygène; chargé de quantités de plus en plus considérables d'acide carbonique; tant que la proportion d'oxygène de l'air inspiré tombe pas au-dessous de 15 p. 100, la respiration reste normale; à 7,5 p. 100, les inspirations sont très-profondes, à 5 p. 100, la respiration est très-difficile, et à 3 p. 100 l'asphyxie est imminente. Dans ce cas, l'asphyxie est lente, et le sang, à la mort, ne contient presque plus d'oxygène, les tissus continuant à enlever l'oxygène du sang par la respiration interne, que cet oxygène n'est plus remplacé. La rapidité de l'asphyxie dépend de la quantité d'oxygène contenue dans l'espace.

la ligature de la trachée, qui réduit cet espace clos à l'air pulmonaire, est-elle suivie d'asphyxie presque immédiate. Quand la viciation de l'air confiné est graduelle, l'organisme a une certaine tolérance qui lui permet de vivre dans un air qui tuerait immédiatement un autre organisme introduit en transition dans ce milieu. Si on place un oiseau sous une cloche sur le mercure, et qu'au bout de 2 à 3 heures on y introduit un autre oiseau, le nouveau est pris de convulsions et meurt, tandis que le premier continue à respirer. (Bernard.)

La respiration dans une atmosphère confinée entraîne une diminution de la quantité d'oxygène et d'acide carbonique, mais il y a aussi dégagement de produits ammoniacaux, hydrogène carboné, hydrogène sulfuré, acides gras organiques, etc., dont quelques-uns sont encore très-peu connus. Une salle remplie de monde a une odeur caractéristique (ex. : odeur de bal). Dans ce cas, la quantité d'acide carbonique ne dépasse guère 7 à 8 pour mille, et la gêne qu'éprouve dans une atmosphère un nouveau venu ne dépend pas de cette proportion d'acide carbonique, puisqu'on peut respirer artificiellement dans un mélange plus riche en acide carbonique et plus pauvre en oxygène. Cependant la proportion d'acide carbonique peut servir de guide pour la pureté de l'air; l'air est impur et a une odeur sensible quand la proportion de l'acide carbonique est de 1 pour mille; pour que l'air d'une salle soit pur, pour que la salle soit bien ventilée, la proportion d'acide carbonique ne doit pas dépasser 0,7 pour mille. L'air ordinaire contient environ 0,5 pour mille d'acide carbonique. Nous expirons par heure 12 litres d'acide carbonique; pour diluer cet air expiré et ramener la proportion aux proportions de 0,7 d'acide carbonique pour mille, il faudrait près de 18,000 litres d'air, si cet air était tout à fait exempt d'acide carbonique; mais il en contient déjà 0,5 pour mille, et il en faudra par conséquent beaucoup moins. On a constaté que pour un adulte, dans les conditions ordinaires, il fallait 60 mètres cubes d'air. (Pettenkofer.) La ventilation doit donc fournir par heure et par tête 60 mètres cubes d'air pour que la respiration se fasse dans de bonnes conditions; cette ventilation est surtout indispensable dans

La respiration consiste essentiellement, comme Lavoisier et comme on l'a vu plus haut, en une absorption d'oxygène par le sang et en une élimination d'acide carbonique et de vapeur d'eau, et c'est à ces échanges gazeux qu'on a exclusivement le nom de respiration. Cependant on a aussi appliqué ce nom aux combustions qui se passent dans le sang; mais en admettant que les oxydations dans le sang, il n'y a là qu'un des actes intimes de la respiration, un acte respiratoire. Ce qui a fait confondre la respiration (échanges gazeux) et combustion, c'est que les physiologistes de Lavoisier, regardant le poumon comme un lieu de combustions intimes, identifierent les phénomènes gazeux et de combustion organique sous le nom de respiration; mais aujourd'hui que l'indépendance de ces deux actes est montrée, il est impossible de les réunir sous le même nom.

La respiration interne des tissus, constatée parfois par Spallanzani et déjà étudiée page 331, consiste en un échange gazeux, absorption d'oxygène, élimination d'acide carbonique; mais il y a en même temps combustion et destruction de principes constitutifs ou accessoires de la cellule; ce qui dans la respiration externe, le plasma sanguin et les globules rouges ne subissent pas de modification chimique et de destruction.

Donders rattache l'absorption de l'oxygène et l'élimination de l'acide carbonique aux phénomènes de dissociation de l'hémoglobine. Pour l'oxygène, l'oxyhémoglobine est le transporteur.

dissolution dans le plasma et peut-être aussi des héminoïdes (plasma et globules).

Les théories anciennes de la respiration, elles n'ont qu'un intérêt historique et ne peuvent trouver place dans le livre.

2° RESPIRATION CUTANÉE

La cutanée présente une étendue de 15,000 centimètres carrés (Sappey.) Malgré cette étendue, l'importance des fonctions respiratoires est très-faible. Elle n'est pas de même chez les animaux supérieurs et inférieurs; chez la grenouille, la respiration cutanée est très-active et suffit à entretenir l'existence; aussi les grenouilles vivent-elles très-bien sans des poumons et même, après cette opération, l'élimination d'acide carbonique n'en paraît pas diminuée. (Reichert.)

Les échanges respiratoires de la peau consistent en une absorption d'oxygène et une élimination d'acide carbonique et de vapeur d'eau. L'exhalation d'azote n'est pas démontrée.

Quantité d'oxygène. — La quantité d'oxygène absorbée par la peau est à celle absorbée par les poumons :: 1 : 127, cette quantité d'oxygène est toujours plus faible que celle qu'on retrouve dans l'acide carbonique exhalé.

Élimination d'acide carbonique. — L'élimination d'acide carbonique par la peau peut être évaluée à 4 grammes en 24 heures (Reichert), à 10 grammes d'après Scharling. Cet acide carbonique peut provenir soit directement du sang (respiration cutanée dite), soit de l'acide carbonique de la sueur, passé en acide par transsudation dans l'acte de la sécrétion et éliminé avec l'acide de la sueur. On ne sait si les diverses régions éliminent la même proportion d'acide carbonique. On a trouvé pour le bras, 0^m,033 par heure.

L'élimination d'acide carbonique augmente avec la température et l'exercice musculaire.

Élimination de vapeur d'eau. — L'élimination de vapeur d'eau par la peau se confond avec la sécrétion de la sueur, on ne peut donc dire, dans la quantité d'eau totale éliminée, la part qui revient à la sécrétion sudorale et celle

qui pourrait revenir à une simple exhalation cutanée, à l'exhalation pulmonaire. La difficulté est d'autant plus grande, tant que la sécrétion sudorale reste dans des limites, l'évaporation la fait disparaître immédiatement. La sueur ne se présente sous forme liquide sur la surface que lorsque sa sécrétion atteint une certaine intensité. On a trouvé pour le bras 1^{er},667 de vapeur d'eau exhalée ce qui donnerait par jour, pour toute la surface cutanée, une élimination de 200 grammes environ de vapeur d'eau.

Tout ce qui augmente la quantité du sang des capillaires de la peau (température, vêtements chauds, mouvement, etc.), la sécheresse et l'agitation de l'air augmentent l'évaporation de vapeur d'eau.

Pour les phénomènes qui se présentent chez les animaux, l'application d'un enduit imperméable sur la peau, voir la section animale.

La *respiration intestinale*, qui présente une certaine importance chez quelques animaux (*Cobitis fossilis*, ou étangs), n'a à peu près aucune importance chez l'homme.

Physiologie comparée de la respiration. — Les recherches les plus importantes sur cette question ont été faites par H. Reiset. Le tableau suivant, emprunté à ces auteurs, donne les quantités en poids d'oxygène, d'acide carbonique et d'azote absorbés et exhalés pendant la respiration pour une heure de durée et pour 1 kilo de poids corporel de chaque espèce animale.

	Oxygène absorbé.	Acide carbonique exhalé.	Azote exhalé.
Lapins	0 ^{er} ,883	1 ^{er} ,109	0
Chien.	1 ,183	1 ,195	0
Marmotte	0 ,986	1 ,016	0
Poule.	1 ,035	1 ,368	0
Moineau.	9 ,595	10 ,583	0
Bec-croisé.	10 ,974	11 ,930	0
Verdier.	11 ,371	11 ,334	0
Lézard	0 ,1916	0 ,1978	0
Grenouille.	0 ,0900	0 ,0910	0
Salamandre	0 ,0850	0 ,1130	0
Hanneton	1 ,0190	1 ,1260	0
Vers de terre.	0 ,1013	0 ,1078	0

L'inspection de ce tableau montre à première vue quelle est la différence d'intensité des échanges respiratoires dans les diverses classes d'animaux. La respiration des oiseaux est beaucoup plus active que celle des mammifères, celle des mammifères que celle des animaux à sang froid. L'intensité des échanges respiratoires paraît être aussi, pour une même classe, en rapport inverse de la taille de l'animal.

Bibliographie. LAVOISIER : *Expériences et Mémoire sur la combustion et la respiration*, 1789. — L. J. B. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — ANDRAL : *Recherches sur la respiration*, 1837. — V. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — R. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — P. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — K. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — L. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — M. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — N. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — O. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — P. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — Q. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — R. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — S. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — T. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — U. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — V. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — W. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — X. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — Y. : *Recherches sur la respiration*, 1837. — Z. : *Recherches sur la respiration*, 1837.

sur la respiration, 1777. — LAVOISIER : *Expériences et Mémoire sur la combustion et la respiration*, 1789. — SPALLANZANI : *De Gaz du sang*, Annales des sciences et des arts, 1792. — L. J. B. : *Recherches sur la quantité de chimie et de physique*, 1843. — HUTCHINSON : *On the capacity of vessels chimiques sur la respiration chimie et de physique*, 1848. — L. : *Leçons sur les effets des gaz de la respiration*, 1848. — E. : *Du Rôle des principes de la respiration*, 1848. — B. : *Leçons sur la physiologie de la respiration*, 1848.

3. — SÉCRÉTIONS.

L'histoire chimique des différentes sécrétions a été faite page 116. Ici, il ne sera traité que du mécanisme des sécrétions. L'origine et la formation des divers principes de désassimilation seront étudiées plus loin (voir : *Désassimilation*).

a. — Sécrétion rénale.

Procédés opératoires — 1° *Néphrotomie* ou *extirpation du rein* (voir et Dumas, 1823). On peut arriver sur le rein de deux façons : par la paroi abdominale antérieure, ou par la paroi postérieure. Dans le premier procédé, le péritoine est ouvert et on a à craindre des accidents de péritonite; on arrive du reste facilement sur les reins, après avoir incisé l'abdomen sur la ligne médiane et récliné avec précaution la masse intestinale pour mettre le rein à découvert, le rein gauche est plus facilement abordable que le rein droit qui est caché par le foie. Le second procédé, qui est meilleur, le péritoine n'est pas lésé; on fait une incision de la paroi postérieure de l'abdomen le long du bord externe du carré des lombes, et on arrive assez facilement sur le rein. Ce procédé est applicable à la plupart des animaux. En général, on arrive 1 à 2 jours après la néphrotomie; les oiseaux survivent longtemps à l'extirpation des reins. Après l'opération, l'urée s'ac-

jection de créatine, d'acide succinique, etc., ne produisent
dents.

2° Ligature des uretères. — Même procédé opératoire. Après l'opération, l'urée s'accumule aussi dans le sang. D'après Hermann, la ligature agirait comme la néphrotomie. La ligature temporaire est suivie d'une exagération de la sécrétion. (Hermann.)

3° Ligature de l'artère et de la veine rénales. — Même procédé.

4° Destruction des nerfs du rein. — On peut détruire le rein qui accompagne l'artère rénale par une constriction de cette artère; mais il vaut mieux s'éloigner autant que possible du rein et détruire le plexus rénal entre les vaisseaux et les surrénales. (Ustimowitsch.)

5° Procédés pour augmenter la pression sanguine dans le rein. — Ligature de l'aorte au-dessous de l'origine de l'artère rénale; compression de la veine cave au-dessus de l'embouchure des veines rénales par une ligature incomplète (Correnti). En outre, employer tous les moyens qui augmentent la pression sanguine (injection dans les veines, etc.). Toutes les fois que la pression est augmentée dans les artères rénales, l'albumine paraît dans les urines (et parfois le sucre).

6° Procédés pour recueillir les urines. — Cathétérisme. — Pour recueillir directement l'urine qui s'écoule par les uretères. — Pour recueillir les urines de 24 heures, on place les animaux dans des cages dont le fond est à jour et constitué par une sorte de grille métallique; les urines s'écoulent dans un vase placé au-dessous de la cage; la cage peut être aussi formée par une glace épaisse inclinée, et les urines jusqu'à un trou placé à un des angles de la cage. On peut encore habituer les chiens à émettre leurs urines à heures fixes.

La connaissance anatomique du rein est indispensable pour l'opération.

importantes à connaître: la disposition des conduits sécré-
toires et la circulation glandulaire.

conduits urinaires, dont la longueur est d'environ 0^m,052 (Kügler-Seidel), commencent aux corpuscules de Malpighi, se ferment (canaux contournés), puis envoient dans la substance médullaire une anse (anse d'Henle) qui remonte ensuite dans la substance corticale; là ils s'infléchissent de nouveau (canaux d'union) pour se jeter dans les canaux droits et aboutir à la papille rénale par le plexus capillaire. Les caractères de ces conduits, à différents points de ces conduits, sont les suivants: l'épithélium est pavimenteux; les canaux sont étroits dans les canaux contournés, larges dans l'anse d'Henle; ils sont étroits dans les canaux d'union, larges dans la branche descendante de l'anse d'Henle. Les canaux d'union sont de plus particulièrement remarquables que le vaisseau de Malpighi constitue, comme l'a démontré Küss, un vaisseau porte (') intermédiaire entre le réseau capillaire du glomérule et le réseau capillaire général du rein qui entoure les canaux urinaires. Ce vaisseau efférent, par sa structure et la signification d'une artère, est d'un calibre plus grand que le calibre du vaisseau afférent. Il en résulte ce fait important pour le mécanisme de la sécrétion, que la pression dans le glomérule est plus forte que dans les capillaires des canaux, tandis qu'elle est plus faible dans les capillaires qui entourent les canalicules. (Küss.) Enfin, d'après les recherches de Küss, les canalicules ne sont pas en rapport immédiat avec les capillaires (sauf dans le glomérule), mais plongent dans les espaces lymphatiques qui occupent le tissu connectif inter-

activité nutritive et glandulaire du rein a été très-contrôlée, comme on le verra à propos du mécanisme de la sécrétion; cependant on trouve dans le rein un certain nombre de produits de désassimilation azotés qui indiqueraient *a priori* une action active: xanthine, hypoxanthine, leucine, tyrosine, créatine, taurine, et spécialement de la cystine qui n'existerait que dans le rein. D'autre part, d'après les expériences de A. Schmidt,

dit *vaisseau porte* un vaisseau intermédiaire entre deux aires, comme la veine porte proprement dite.

- le rein aurait une action oxydante assez énergique ; en le passer du sang chaud à l'abri de l'air dans un rein frais, le rein former, pour 24 heures, 752 centimètres cubes d'acide carbonique (à 0° et 1 mètre de pression).

La *quantité de sang* du rein est assez considérable ; l'évalue à 2 p. 100 de la totalité du sang, à 10 p. 100 du rein (lapin). Mais il est à peu près impossible d'évaluer tement la quantité de sang qui traverse les reins en 24 h et, par conséquent, la quantité d'urée offerte au rein pendant passage ; cependant, le chiffre de 120 grammes d'urée a été un peu arbitrairement. Des notions plus précises sont tirées par la comparaison de la composition de l'urine avec celle du sérum sanguin et lymphatique et surtout par l'analyse comparée du sang de l'artère et de la veine rénale.

Le tableau suivant donne la composition comparée de l'urine, du plasma sanguin et du sérum lymphatique, pour 1,000 parties.

	Urine	Plasma sanguin:	Sérum lymphatique.
Eau	960,00	901,51	957,00
Matières albuminoïdes	—	81,92	32,00
Fibrine	—	8,06	—
Urée	23,30	0,15	—
Acide urique	0,50	—	—
Chlorure de sodium	11,00	5,546	5,00
Acide phosphorique	2,30	0,192	0,00
Acide sulfurique	1,30	0,129	0,00
Phosphates terreux	0,80	0,516	0,00

La comparaison des cendres de l'urine, du sérum sanguin et du sérum lymphatique n'est pas moins instructive.

Pour 100 parties.	Urine	Sérum sanguin.	Sérum lymphatique.
Chlorure de sodium	67,26	72,88	76,70
Potasse	13,64	2,95	1,49
Soude	1,33	12,93	17,66
Chaux	1,15	2,28	—
Magnésie	1,34	0,27	1,00
Acide phosphorique	11,21	1,73	1,33
Acide sulfurique	4,06	2,10	1,00
Oxyde de fer	—	0,26	—

On voit, par ces tableaux, quelle différence il y a entre la composition de l'urine et celle du sérum sanguin et lymphatique.

portions des divers principes de l'urine d'une part, du sang lymphique de l'autre.

La comparaison du sang de l'artère rénale et du sang de la veine rénale donne des résultats importants. Cl. Bernard a constaté que, pendant l'activité du rein, le sang de la veine rénale est rouge comme du sang artériel, et il rattache cette coloration à l'activité glaireuse; quand la sécrétion est arrêtée, au contraire, le sang reprend les caractères du sang veineux: l'analyse des gaz du sang de la veine rénale lui a donné des résultats concordants; voici les chiffres trouvés pendant la sécrétion et pendant l'arrêt de la sécrétion :

	Oxygène.	Acide carbonique.
Pendant la sécrétion (sang rouge).	17 ^{cc} ,26	3 ^{cc} ,13
Pendant l'arrêt de la sécrétion (sang noir).	6 ,40	6 ,40

Les chiffres suivants, trouvés par Cl. Bernard et Urbain, diffèrent de ceux de Cl. Bernard :

	SANG RÉNAL D'UN CHIEN.			SANG RÉNAL DU LAPIN.	
	Artériel.	Veineux.	Veineux	Artériel.	Veineux.
Oxygène.	23 ^{cc} ,60	12 ^{cc} ,55	20 ^{cc} ,17	15 ^{cc} ,58	11 ^{cc} ,00
Acide carbonique.	49 ,78	30 ,26	16 ,00	48 ,84	28 ,88

Le sang perdrait donc de l'acide carbonique pendant son passage dans le rein.

D'après Cl. Bernard, le sang artériel en passant dans le rein perd très-peu d'oxygène, fait en désaccord avec les expériences de Schmidt citées plus haut sur l'action oxydante du rein. Schaeffer, qui a répété les expériences de Cl. Bernard, ne voit pas la coloration rouge du sang veineux à l'activité glaireuse; si, par l'excitation du grand nerf splanchnique, on provoque dans la glande des intervalles de repos et d'activité, la couleur du sang ne varie pas et le sang ne deviendrait noir que par l'oxydation de l'organe à l'air.

Le sang veineux du rein contient très-peu de fibrine et se coagule difficilement, et seulement après une longue exposition à l'air. Simon donne l'analyse suivante du sang du rein:

	Sang artériel.	Sang veineux.
Eau.	790	778
Matière solide.	210	222
urée	90,30	99
fibrine	8,28	0

mecanisme de cette secretion, la theorie de Bowman Ludwig et celle de Küss.

1° *Théorie de Bowmann.* — Les glomérules de Malpighi ne font passer que l'eau et les sels; les principes solubles de l'urine sont formés ou sont pris du sang, en un mot, sécrétés par les cellules glandulaires des canalicules et entraînés par l'eau dans ces canalicules. Il est assez difficile de comprendre comment, dans cette filtration de l'eau du sang, il ne passe pas en même temps les sels du sang qui présentent la plupart une si grande diffusion. V. Wittich et Donders ont-ils modifié cette théorie en admettant que les principes salins filtraient avec l'eau dans les glomérules, et que les cellules épithéliales des canalicules ne faisaient que sécréter l'acide urique. R. Heidenhain, dans des expériences récentes, confirme l'opinion de Bowmann et cherche à établir l'indépendance de la formation aqueuse et de l'excrétion des parties solides de l'urine. Les deux actes se passeraient réellement dans des parties différentes du rein. On peut, en effet, d'après lui, arrêter la sécrétion des reins sans entraver l'élimination des substances solides du sang (matières colorantes, urate de soude). Cette élimination, qui est toute différente de celle des sels de l'urine, se fait par l'épithélium granuleux des canalicules contournés et de la partie large de l'anse de Henle. (*Archiv für experimentelle Medizin*, t. IX, page 1.) Les expériences d'Heidenhain ne sont pas tout à fait probantes.

2° *Théorie de Ludwig.* — Dans cette théorie, la pression osmotique joue le rôle principal; sous l'influence de cette pression, le sang filtre à travers les parois des capillaires du glomérule, les albuminates et les graisses; le fluide transsudé contient les sels et les matières extractives du sang; une fois ar-

quoiqu'à ce que l'équilibre endosmotique soit rétabli. Ludwig ne prout primitivement aucun rôle à l'activité glandulaire; les expériences de Goll, faites sous sa direction, tendaient à prouver que la pression sanguine seule était en jeu; la quantité d'urine augmente avec la pression, et la concentration de l'urine est en rapport avec la vitesse de la sécrétion et ne dépasse jamais un certain chiffre. Cependant, les différences de proportion des principes de l'urine du sang ne peuvent s'expliquer uniquement par les lois physiques, et il faut nécessairement faire intervenir, pour une part, même la glandule elle-même. La principale difficulté de cette théorie, c'est d'expliquer comment, dans le glomérule, l'albumine est retenue, ce serait, d'après Ludwig, par son union avec les liquides acides de l'urine qui serait formée dans le glomérule et ne passerait pas dans le glomérule. Cette théorie de Köss. — La théorie de Köss. admet que le sérum sanguin passe en totalité à travers les capillaires, comme dans une transsudation séreuse ordinaire. Puis l'urine est résorbée dans les canalicules; l'urine serait donc du sérum moins l'albumine. Cette résorption de l'albumine serait due à l'activité vitale des cellules épithéliales, et cette résorption est aidée par la faible pression du sang dans les capillaires péricanaliculaires. Cette théorie expliquerait pourquoi dans les kystes du rein, formés à la suite de l'oblitération des canaux urinaires, on trouve non de l'urine, mais une substance albumineuse, et comment, dans les cas où par suite d'altération épithéliale dans les maladies du rein, cet épithélium ne pouvant résorber l'albumine, l'albumine paraît dans les urines (albuminurie). Cette théorie de Köss, très-ingénieuse et très-raisonnable, ne s'accorde pas non plus avec tous les faits, et en particulier avec ce fait que l'albumine paraît dans les urines par une simple augmentation de la pression sanguine, comme par une injection d'eau dans les veines.

En résumé, par ce résumé rapide, que toutes les théories sont sujettes à objections et qu'il est à peu près impossible, dans l'état actuel de la science, de se faire une idée précise et certaine du mécanisme intime de la sécrétion urinaire. Il faut donc, pour l'instant, se contenter d'étudier les conditions de cette sécrétion. Les conditions sont au nombre de trois principales : pression sanguine, état du sang, activité épithéliale.

La pression sanguine a un rôle essentiel dans la sécrétion. Pour que la sécrétion se fasse, il faut que cette pression soit

L'accroissement de pression sanguine ne fait pas hausser la quantité d'eau de l'urine, elle fait hausser principes solides, mais pas dans une aussi forte prop

L'état du sang n'a pas moins d'influence. La cor sang oscille autour d'une certaine moyenne; toutes cette moyenne est dépassée, toutes les fois que d déjà existants dans le sang s'y trouvent en excès, principes nouveaux y sont introduits, ces principes et le rein est la principale voie de cette élimination. C les boissons augmentent la proportion d'eau de l ainsi qu'après l'ingestion dans le sang de chlorure (Kaupp), de phosphate et de sulfate de soude (Sic stances apparaissent dans l'urine en proportions v vant la dose administrée. La glycosurie se montre glycose dépasse 0,6 p. 100 dans le sang. Enfin, le l'urine des substances diffusibles introduites dans l' fait avec une très-grande rapidité. (Wöhler.) On con comment il peut se faire qu'il y ait tant de différen urines des herbivores et celles des carnivores, l'ét étant sous l'influence immédiate de l'alimentation. I donc une véritable action dépuratrice et antitox quand on empêche l'élimination urinaire par la négl la ligature de l'uretère, les accidents toxiques se m plus rapidement; tandis que, si les voies urinaires poison au fur et à mesure de son absorption, l'emp ne se produit pas; c'est ce qui arrive, par exemple

. " " " " " " " " " " " "

est la sécrétion (théorie de Bowmann), ou pour la résorption (théorie de Ludwig et de Küss)? C'est là une des premières questions à résoudre et sur laquelle il est bien difficile de se prononcer. Cependant l'aspect granuleux de l'épithélium des canalicules semble le rapprocher des épithéliums glandulaires et porterait à lui faire jouer un rôle dans la sécrétion, mais, d'autre part, la longueur des canalicules urinaires (centimètres) et leur trajet tortueux parleraient en faveur d'une véritable résorption qui se ferait dans ce cas, par les cellules de l'épithélium transparent. Cette hypothèse d'une sécrétion par les cellules de l'épithélium des canalicules, pose la question surgit, celle de savoir si les urées, l'urée, l'acide urique, les autres substances existant déjà dans le sang, et si le rein ne fait que les éliminer. Mais cette question touche à la formation de l'urine, et des autres produits de désassimilation, et sera traitée plus tard (voir: *Désassimilation*.)

Observation du rein. — L'innervation du rein est peu connue. La moelle allongée paraît être le centre de la sécrétion rénale (voir: *Moelle allongée*), comme le prouvent les expériences de Cl. Bernard sur la production de la polyurie, de la glycosurie et de l'albuminurie par la piqure des différents points du quatrième ventricule. La section de la moelle entraîne la sécrétion rénale, probablement en abaissant la pression sanguine. La destruction des nerfs du rein rend l'urine albumineuse et sanguinolente (Brachet), et finit par amener la fonte de l'organe. La section du nerf grand splanchnique entraîne la sécrétion urinaire (Cl. Bernard, Eckhard, et produit la glycosurie (Hensen); l'excitation du bout périphérique du nerf arrête la sécrétion. Le grand sympathique aurait la même action (Peyrani.)

Sur l'excrétion urinaire, voir: *Physiologie du mouvement*

b. — Sécrétion de la sueur.

(voir page 125) est sécrétée par des glandes en tube, les *sudoripares*, dont le cul-de-sac sécréteur, replié sur

tion; on trouve bien, dans les premières parties recouvertes de débris épithéliaux, mais ils proviennent de la couche de l'épiderme, dont les parcelles sont entraînées par la succion que des parties profondes du cul-de-sac sécréteur. La régénération épithéliale, quoique plus fréquente dans les glandes sudoripares que dans le rein, n'entre donc que pour une part très-faible dans la sécrétion.

Outre l'activité épithéliale, deux conditions essentielles viennent dans la sécrétion de la sueur: la circulation et la pression.

Tout ce qui augmente la pression du sang dans les artères de la peau augmente la production de la sueur; c'est ainsi que la chaleur, qui dilate les artérioles et les capillaires de la peau, l'exercice musculaire, les boissons abondantes, croissent la proportion d'eau dans le sang, et enfin toutes les causes qui font hausser la pression sanguine totale.

L'innervation des glandes sudoripares est très-peu connue; on n'a pu suivre encore de terminaisons nerveuses dans les glandes, mais les faits expérimentaux ou d'observation ne permettent pas de contester cette influence. La section du sympathique au cou est suivie chez les animaux à sueurs abondantes du côté opéré (Cl. Bernard), et si elle ne s'observe pas sur le chien et le lapin, ces animaux suent très-difficilement; les faits pathologiques

du grand sympathique mentionné plus haut, la sécrétion doit plutôt à une paralysie vaso-motrice et à la dilatation des vaisseaux et à l'afflux sanguin qui l'ont suivie.

La sécrétion de la sueur est continue comme la sécrétion elle-même. La sueur, refoulée vers l'orifice du canal excréteur par les cellules nouvellement sécrétées, arrive peu à peu dans le segment du canal qui traverse la couche épithéliale; là, le canal ne possède pas de paroi propre, et cette disposition anatomique doit

expliquer le passage de la sueur à travers les cellules épidermiques. Les cellules ayant perdu leur adhérence les unes avec les autres (voir la description de Kuss, une sorte de lamelle s'étale et se perd comme la sueur à la peau cette moiteur. Une fois arrivée dans cette couche, la sueur constitue en constituant ce qu'on appelle la sueur, et ce n'est que lorsque la sueur est abondante et dépasse la capacité

de la couche superficielle que la sueur apparaît sous forme de gouttelettes à l'orifice des conduits sudoripares. Cette perspiration est due à la couche épidermique explique l'erreur de Krause et de Reck, qui croient que les glandes sudoripares ne servent qu'à l'élimination de la sueur, et que cette élimination se fait à travers les papilles cutanées et à travers l'épiderme; pour eux les conduits sudoripares seraient le siège d'une sécrétion sébacée, et non d'une sécrétion de mucine. La mucine indiquée

est la perspiration in-
telligible de la couche po-
superficielle que la sueur apparaît sous forme de goutte-
l'orifice des conduits sudoripares. Cette perspiration
due par la couche épidermique explique l'erreur de Krause
et Reck, qui croient que les glandes sudoripares ne servent
qu'à l'élimination de la sueur, et que cette élimination se fait
à travers les papilles cutanées et à travers l'épiderme; pour eux les
conduits sudoripares seraient le siège d'une sécrétion sébacée,
et non d'une sécrétion de mucine. La mucine indiquée

c. — Sécrétion lacrymale.

Les larmes (voir page 128) sont sécrétées par les glandes lacrymales. Ce sont des glandes en grappe analogues aux glandes salivaires. Les acini sont tapissés par un épithélium glandulaire irrigués du réseau capillaire par des lacunes qui ne sont autre chose que des espaces lymphatiques. La terminaison des nerfs est inconnue.

La sécrétion lacrymale est continue, et, sauf certaines circonstances spéciales, très-peu abondante. Elle se fait par filtration, et non par desquamation épithéliale interviennent et ne s'accroissent pas d'une sécrétion de mucine. La mucine indiquée

dans les analyses provient vraisemblablement des glandes de Meibomius.

La pression sanguine a une influence directe sur cette sécrétion; c'est de cette façon que le rire, les efforts, la toux, le vomissement, etc., provoquent la sécrétion lacrymale en agissant en arrêtant la circulation veineuse.

Le rôle de l'innervation a été bien étudié par Herzog et Wolferz. A l'état physiologique, cette sécrétion se produit sous l'action réflexe, et le point de départ du réflexe peut être soit dans une excitation des première et deuxième branches du trijumeau (conjonctive, fosses nasales, etc.), soit dans une excitation rétinienne (lumière), soit dans une influence morale. On peut produire expérimentalement la sécrétion lacrymale réflexe par l'excitation des branches susmentionnées du trijumeau.

Le nerf sécréteur principal de la glande est le nerf lacrymal. L'excitation de son bout périphérique provoque des larmes abondantes (lapin, chien, mouton; sa section est suivie, après un certain temps, d'une sécrétion continue (sécrétion réflexe?); le réflexe nasal persiste après cette section. Le nerf lacrymal n'est donc pas le seul nerf sécréteur; le filet lacrymal, le nerf temporo-malaire et le sympathique du cou ont une action directe sur la sécrétion; cependant Demtschensky a obtenu de la sécrétion par l'excitation du nerf sous-oculaire.

Une fois sécrétées, les larmes sont étalées sur la surface antérieure du globe oculaire, et la partie qui ne disparaît par l'évaporation s'engage dans les voies lacrymales ou déborde des paupières et coule le long des joues quand la sécrétion est abondante.

d. — Sécrétion biliaire.

La bile (voir page 128) est sécrétée par le foie. Les cellules hépatiques qui constituent la masse principale de ce tissu sont irrégulièrement arrondies ou polyédriques et forment une masse protoplasmique granuleuse, contractile, pourvue d'un noyau, elles contiennent dans leur intérieur des molécules jaunes ou jaunâtres (matière colorante biliaire), des granules pâles, de nature douteuse, regardées par Schiff comme

du glycogène et des gouttelettes graisseuses, qui peuvent dans certains cas (foie gras) remplir la substance globulaire et envahir le noyau. Cette infiltration graisseuse du foie se montre dans certains états physiologiques (nouveau-nés, mammelle; Kölliker).

Donc, la question dont les cellules hépatiques se comportent avec les canaux biliaires est encore un sujet de controverse entre les histologistes. Cependant, ce qu'il y a de certain, c'est

que le centre même du lobule hépatique est traversé par un réseau de canalicules biliaires.

Les cellules et qui s'ouvrent dans les canaux biliaires. La question de savoir si les canalicules ont une propriété propre est encore douteuse. On doit se baser sur leur trajet des glandes hépatiques. Les auteurs ont attribué la propriété de recevoir les vaisseaux de l'artère et de la veine porte. La question de la formation du réseau capillaire des lobules hépatiques n'a pu être précisée exactement.

La question de savoir si le sang qui provient de ce réseau n'a qu'une voie de retour vers les veines sus-hépatiques. Enfin, ces capillaires sont plongés dans les espaces lymphatiques qui complètent la disposition anatomique des lobules hépatiques.

La terminaison des nerfs dans le foie est inconnue; l'union entre les fibres nerveuses et des cellules hépatiques admise par Pflüger n'a pas été adoptée par la généralité des histologistes.

Si l'on examine comparativement la composition chimique de la bile et celle du sang et de la lymphe, on voit immédiatement que certains principes de la bile, et en particulier le pigment colorant et les acides biliaires, ne préexistent pas dans le sang; ces principes sont donc formés dans le foie, et la bile ne peut être considérée comme une filtration de l'eau et les sels. L'origine de la bilirubine et des acides biliaires sera étudiée avec les produits de désassimilation; la question à discuter ici est celle de savoir dans quelle partie du lobule hépatique se forment ces substances et s'éliminent l'eau et les sels. Morcel, Henle, ont cherché à localiser dans des parties du foie la sécrétion biliaire et la formation de la bile.

La substance glycogène se formerait dans les cellules hépatiques, la bile dans les canaux biliaires, et

Les deux vaisseaux qui se rendent au foie présentent des différences considérables dont l'étude est essentielle à la physiologie de cet organe. Le calibre de l'artère est plus faible que celui de la veine porte; leurs diamètres relatifs sont comme 1 et 5. L'artère se distribue aux conduits biliaires et aux glandes en grappe de ces canaux; en outre, elle prend part à la formation du réseau capillaire des lobules, et surtout, d'après Chrzonszczewsky, à la formation de ce réseau. La veine porte ne se distribue qu'au réseau veineux des lobules. Les glandes en grappe ne reçoivent du sang que de l'artère hépatique, les cellules hépatiques reçoivent surtout de la veine porte et un peu de l'artère, mais pour une part comparativement minime. Si l'on recherche quels sont la pression sanguine et l'élasticité dans les deux espèces de vaisseaux, on trouve des différences encore plus marquées.

Le sang dans l'artère hépatique a la composition du sang artériel ordinaire; il est identique par conséquent au sang qui reçoit toutes les autres glandes; le sang de la veine porte, au contraire, a une composition toute spéciale; il représente seulement le sang veineux d'une partie des organes abdominaux et contient par suite les produits de désassimilation du tissu, mais il contient en outre des principes absorbés par la digestion intestinale, des produits de l'activité splénique. En outre, la pression dans les deux vaisseaux est très-différente; elle est plus forte dans les branches de l'artère hépa-

tre fois plus de temps que pour parcourir le réseau capillaire des autres organes.

On trouve donc dans le foie deux appareils glandulaires, les glandes en grappe des canaux biliaires, les cellules hépatiques. Quel sera le rôle de chacun d'eux?

Les glandes en grappe des conduits biliaires reçoivent du sang artériel et sous une forte pression, par conséquent dans des conditions favorables pour une filtration sanguine, pour une sortie d'eau et des principes

Ce sont donc probablement la partie aqueuse et les

lobules, au contraire, sont défavorables à la filtration, mais le

liquide sanguin favorise le contact du sang, et par suite la formation

par ce dernier, de principes solubles, comme on l'a vu plus haut.

On se retrouve dans les cellules

glycogène. Cependant, l'artère hépatique contribue au réseau capillaire du lobule, et son rôle s'explique facilement; il y a là, dans la partie centrale du lobule, une filtration,

qui se fait sous une forte pression, et l'eau qui a passé de cette façon dans les canalicules biliaires capillaires dilue et

la matière colorante et les acides biliaires formes aux dépens des matériaux

de la veine porte dans la partie périphérique du lobule, fait arriver ainsi dans les canaux biliaires périlobulaires.

D'après cette théorie, les deux appareils prendraient donc part à la sécrétion biliaire, mais une part déterminée, et on comprend

comment les physiologistes qui ont voulu attribuer cette sécrétion exclusivement à un des deux vaisseaux n'ont pu que

se fonder sur des expériences contradictoires. Ces expériences ont été rapportées page 134 et il est inutile d'y revenir. Cependant,

il y a un point qui demande quelques éclaircissements et qui est au premier abord en désaccord avec la théorie. Certains expérimentateurs, Moos entre autres, ont vu la sécrétion continuer

après l'oblitération de la veine porte, mais ont trouvé la bile épaisse et moins aqueuse; on aurait tort d'en inférer que la

veine porte fournit la partie aqueuse de la sécrétion; en effet, la suppression de la veine porte supprime environ les neuf dixièmes du sang qui traverse les lobules; le réseau lobulaire

se trouve en solution dans le sang artériel. Les glandes en grappe qui sécrètent la bile.

Les conditions les plus défavorables à la sécrétion sont la lenteur du courant et les cellules hépatiques.

Les cellules hépatiques sécrètent des matériaux solubles dans les cellules, et les principes spéciaux de la sécrétion

se retrouvent dans les cellules hépatiques à côté de la matière glycogène.

Cependant, l'artère hépatique contribue au réseau capillaire du lobule, et son rôle s'explique facilement; il y a là, dans la partie centrale du lobule, une filtration,

qui se fait sous une forte pression, et l'eau qui a passé de cette façon dans les canalicules biliaires capillaires dilue et

la matière colorante et les acides biliaires formes aux dépens des matériaux

de la veine porte dans la partie périphérique du lobule, fait arriver ainsi dans les canaux biliaires périlobulaires.

D'après cette théorie, les deux appareils prendraient donc part à la sécrétion biliaire, mais une part déterminée, et on comprend

comment les physiologistes qui ont voulu attribuer cette sécrétion exclusivement à un des deux vaisseaux n'ont pu que

se fonder sur des expériences contradictoires. Ces expériences ont été rapportées page 134 et il est inutile d'y revenir. Cependant,

il y a un point qui demande quelques éclaircissements et qui est au premier abord en désaccord avec la théorie. Certains expérimentateurs, Moos entre autres, ont vu la sécrétion continuer

après l'oblitération de la veine porte, mais ont trouvé la bile épaisse et moins aqueuse; on aurait tort d'en inférer que la

veine porte fournit la partie aqueuse de la sécrétion; en effet, la suppression de la veine porte supprime environ les neuf dixièmes du sang qui traverse les lobules; le réseau lobulaire

s'accompagne de la même façon.

Ce qui rend les expériences sur la circulation hépatique difficiles à interpréter et très-obscurcs, c'est que la communication entre les deux vaisseaux, artère et veine porte sont très-faciles. Ainsi, Ludwig et Betz ont vu dans leurs injections que le sang passe plus facilement dans la veine porte que dans les veines hépatiques.

La sécrétion biliaire est continue, seulement elle n'est pas continuellement dans l'intestin; elle s'accumule dans la vésicule tant que la pression dans la vésicule est plus forte que la pression nécessaire pour vaincre la résistance du sphincter duodénal à son embouchure dans le duodénum.

Les variations de la sécrétion suivent jusqu'à un certain point les variations de la pression sanguine, quand celle-ci diminue, la bile diminue (saignées, compression de l'abdomen). Quand cette diminution de pression sanguine atteint un certain degré, ou quand la pression augmente dans les canaux biliaires, la bile non-seulement diminue, mais peut même être résorbée et cette résorption se fait non par les conduits biliaires, mais par le plexus Heidenhain, mais par les lobules, autrement dit par le réseau capillaire de la veine porte dans lequel la pression est plus faible et facilite par conséquent la résorption.

L'influence de l'innervation sur la sécrétion biliaire est très-obscurc. Elle paraît tenir plutôt aux variations de la pression sanguine déterminées par la destruction ou par l'excitation des nerfs qu'à une action nerveuse directe sur la sécrétion (page 134). D'après Pfleger, la galvanisation du

lieu de passer dans la vésicule, passe dans l'intestin; si on augmente encore, la bile est résorbée. La digestion stomacale augmente l'excrétion biliaire; si on injecte dans l'estomac à jeun le chyme filtré pris dans l'estomac d'un chien en digestion, la bile coule dans le duodénum. Le contact du chyme acide sur l'embouchure du canal cholédoque, l'arrêt du chyme stomacal acide, par exemple, déterminent on ne sait pas la bile dans l'intestin; cela ne se produit pas avec du chyme alcalin.

e. — Sécrétion

lait.

Les glandes mammaires qui sécrètent le lait (voir page 135) sont des glandes en grappe. Hors de la lactation, les culs-de-sac excréteurs sont tapissés par une épithélium simple, mais pendant la lactation ils sont tapissés par une épithélium cubique; de sorte qu'on peut assimiler sous ce rapport la sécrétion du lait à la sécrétion sébacée, opinion combattue cependant par d'autres auteurs.

Si l'on examine en effet la glande mammaire pendant la lactation, on voit que les cellules les plus profondes des culs-de-sac excréteurs sont infiltrées de gouttelettes graisseuses, tandis que dans la lumière des conduits excréteurs les globules graisseux sont en liberté. Il est probable que les cellules se détruisent en se contractant, en libérant la graisse, et sont remplacées par de nouvelles cellules; il y aurait alors à la fois dans la sécrétion du lait une libération graisseuse et desquamation épithéliale. Dans les premiers temps de la lactation, les cellules glandulaires ne se détruisent pas, et on les retrouve dans le lait sous forme de cellules de colostrum. Il est possible cependant que la destruction aussi des cellules glandulaires par déchirure, ces cellules restant en place dans le cul-de-sac sécréteur; dans ce cas, la contractilité du protoplasma cellulaire constatée par l'expulsion des corpuscules du colostrum favoriserait l'expulsion des gouttelettes graisseuses.

Les principes qui entrent dans la composition du lait, il y en a au moins trois qui sont formés dans la glande mammaire: la caséine, le sucre de lait et les sels. Les sels au contraire

substance albuminoïde des cellules glandulaires; mais viennent alors les principes azotés qui résultent de blément? Il est probable qu'ils sont résorbés, car retrouve plus dans le lait, ou on ne les y retrouve petite quantité (urée). La formation de graisse observait sorti de la glande a lieu aux dépens de la caséine liée à la présence de champignons microscopiques. (Kemmerich.)

La caséine provient évidemment de l'albumine; dans le lait il y a fort peu de caséine et une forte proportion d'albumine, puis, à mesure que le lait acquiert ses caractéristiques, on voit les proportions de caséine augmenter et l'albumine diminuer pour disparaître presque complètement. Cette transformation de l'albumine en caséine se fait dans le lait sorti de la glande, comme l'a constaté Kemmerich, et est due à un ferment isolé par Dæhnhardt, ferment qui, en présence de la potasse, dédouble l'albumine et la transforme en albuminate de potasse.

L'origine du sucre de lait est plus douteuse. On suppose qu'il provient de la glycose du sang ou des albuminoïdes. Si on supprime la lactation, la glycose apparaît dans les urines; cette glycosurie ne se montre pas si, chez les chiens, on extirpe les mamelles pendant l'allaitement. (De Sin.)

D'après les recherches de Sourdat, le lait provenant du sein droit et le lait du sein gauche n'auraient pas la même composition; le premier contiendrait plus de caséine et

rapport. La section du nerf spermatique externe qui se fait sur la chèvre n'amène aucune modification de la lactation (Eckhard), et les expériences sur les nerfs intercostaux spermatiques n'ont donné aucun résultat. Cependant Aubert et Lereboullet ont fait reparaitre la sécrétion lactée par l'application d'un courant d'induction sur la mamelle.

La sécrétion du lait se fait sous l'influence de la succion exercée par le nouveau-né, aidée par la contraction des fibres lisses des canaux excréteurs.

f. — Sécrétion sébacée.

La matière sébacée (voir page 142) est sécrétée par les glandes sébacées. Ces glandes sont situées dans toutes les régions (face interne du prépuce, des lèvres, des oreilles et petites lèvres) et excrétoires sur toute la surface du corps à l'exception de la paume des mains, de la plante des pieds, des dos des troisièmes phalanges et du gland. Ces glandes, qui ont le type un peu modifié des glandes en grappe, sécrètent la matière sébacée par le mécanisme qui a été décrit pour la glande mammaire. Les cellules profondes des culs-de-sac s'infiltrent de graisse; ces granulations graisseuses augmentent peu à peu de volume, se réunissent en gouttelettes; celles-ci se détachent alors de la membrane propre et sont reprises par les cellules nouvellement formées; plus on se rapproche de l'embouchure du canal excréteur, plus les gouttes graisseuses deviennent volumineuses, la membrane et les cellules finissent par disparaître, et la sécrétion ne consiste plus qu'en une matière grasse mélangée de débris épithéliaux. Il y a donc à la fois dans cette sécrétion transformation graisseuse du protoplasma cellulaire et desquamation.

g. — Sécrétion spermatique.

La sécrétion spermatique (voir page 143) est plutôt un mode d'éloppement cellulaire qu'une sécrétion véritable. Une certaine quantité de liquide qui se trouve dans les

ces spermatozoïdes ne sont, pour la plupart, mis en mouvement dans l'épididyme et c'est à partir de ce point que, les dilue augmentant, ils présentent leurs mouvements caractéristiques (voir : *Fécondation*). Les spermatozoïdes se produisent chez l'homme dans le testicule depuis la puberté jusqu'à la vieillesse et d'une façon continue, tandis que chez la plupart des espèces animales ils ne se produisent qu'à l'époque de la maturité, manquant, comme l'a montré Godard, dans les cas de cryptorchidie (retention du testicule dans l'abdomen (cryptorchidie)).

On n'a pu jusqu'ici démontrer expérimentalement l'influence directe des nerfs sur la sécrétion du testicule; cependant l'atrophie testiculaire succède à la section du nerf spermatic (Landon, Obolensky).

En l'absence d'éjaculation, la sécrétion testiculaire est résorbée en partie et cette résorption est vraisemblablement assurée par les riches plexus lymphatiques qui entourent les canaux déférents et qui ont été décrits par Ludwig et Tomsa.

Il a été fait très-peu de recherches sur le métabolisme de la sécrétion des liquides qui se mélangent au produit de la sécrétion (sécrétion des vésicules séminales, de la prostate, de Cowper). Eckhard et Buxmann ont vu cependant que la sécrétion de la prostate se produire par la galvanisation de la prostate par celle des nerfs du pénis.

h. — Sécrétion salivaire.

acini se présentent sous deux formes, qui ne sont que des degrés différents de développement; les unes, *protoplasmiques*, sont granuleuses, à contours indistincts, font la sécrétion salivaire proprement dite; les autres, *mucineuses*, sont remplies d'un contenu gélatiniforme, fortement réfringent, et paraissent être un produit de dégradation des premières cellules; c'est ce contenu qui constitue la muque qui se trouve en si grande abondance dans la salive. Dans les conditions, ainsi qu'on l'a vu, la salive sympathique; les cellules protoplasmiques restent longtemps à l'état de vacuolation dans les glandes de la glande sous-maxillaire par exemple, qui revenait de la glande à l'état de repos. Dans le premier cas, la glande est plus considérable; c'est l'inverse dans le repos de la glande. En outre, les canaux glandulaires plongent dans des espaces lymphatiques dans lesquels les cellules des acini prennent les matériaux de la

protoplasmiques gélatiniformes gélatiniformes quand la

glande a été surtout étudiée; il remarqua que la muque est rouge vif quand la glande est au contraire pâle et que le sang qui traverse la

pression sanguine est

Les des glandes salivaires se divisent en deux classes, les canaux vasculaires et les nerfs glandulaires proprement dits. Les canaux vasculaires sont de deux espèces, et ont une action différente; les uns, nerfs vaso-moteurs, provenant du grand sympathique, produisent par leur excitation un rétrécissement des artères de la glande et en diminuent l'afflux sanguin; les autres, nerfs vaso-dilatateurs, agissent en sens contraire, ils dilatent les artères et font affluer le sang dans la glande (nerfs vaso-moteurs).

Les nerfs glandulaires agissent directement sur l'activité des cellules glandulaires et, d'après les recherches non seulement confirmées de Pflüger, se termineraient directement dans ces cellules. Ces fibres sont, du reste, contenues dans les troncs nerveux que les nerfs vasculaires et sont par conséquent excitées en même temps qu'eux quand on excite expérimentalement le tronc nerveux. Heidenhain admet même deux espèces de fibres glandulaires correspondantes aux deux espèces de cellules glandulaires, des fibres mucipares et des fibres secré-

glandulaires. Cet acte est sous la dépendance immédiate de la circulation et par conséquent des nerfs vasculaires. Ces nerfs, en réglant la circulation glandulaire, règlent aussi la filtration, et par suite la quantité de matériaux dont les cellules glandulaires ont besoin pour se nourrir et pour sécréter. L'influence de la circulation sur la sécrétion est donc indirecte et médiate; aussi peut-on, par l'excitation de la corde du tympan, produire la salivation sous-maxillaire, même quand la circulation est interrompue dans la glande, par exemple sur une tête séparée du tronc.

L'acte essentiel constitue la sécrétion proprement dite, qui est dû à l'activité spéciale des cellules glandulaires, indépendante de la circulation, et se trouve sous l'influence des nerfs spéciaux, nerfs sécréteurs ou glandulaires. Aussi la pression de la salive dans les conduits excréteurs peut-elle dépendre de la pression du sang artériel qui se rend à la glande. (Lund.) Le même physiologiste a trouvé la température de la salive de Wharton plus haute de 1°,5 que celle du sang de la carotide. Certains poisons paralysent l'activité des nerfs glandulaires sans agir sur la circulation; c'est ainsi que l'atropine arrête la sécrétion. (Heidenhain.) •

L'origine des divers principes de la salive n'est pas encore expliquée d'une façon satisfaisante pour quelques-uns d'eux, en particulier pour le sulfocyanure de potassium. On connaît déjà le mode de formation de la mucine; quant à la formation de la mucosine, quoique plusieurs physiologistes, Cl. Bernard par exemple, aient cru qu'elle n'existait que dans la salive mixte, il semble aujourd'hui qu'elle existe en réalité dans les salives pures.

glandes salivaires; leur innervation seule diffère et peut, pour la glande, se résumer de la façon suivante (voir aussi: *Innervation des crâniens*).

Parotide. — Les filets glandulaires de la parotide sont fournis par le petit pétéreux superficiel et l'auriculo-temporal. Ces nerfs peuvent être excités soit directement, soit par action réflexe quand les excitations mécaniques ou chimiques portent sur les parties de la langue et de la bouche innervées par le lingual; l'irritation du bout central du nerf lingual ne produit rien; l'excitation du plexus glosso-pharyngien au contraire produit la salivation réflexe. Les filets vasculaires de la parotide sont fournis probablement du grand pétéreux.

Glande sous-maxillaire (fig. 84).

Les sécréteurs viennent

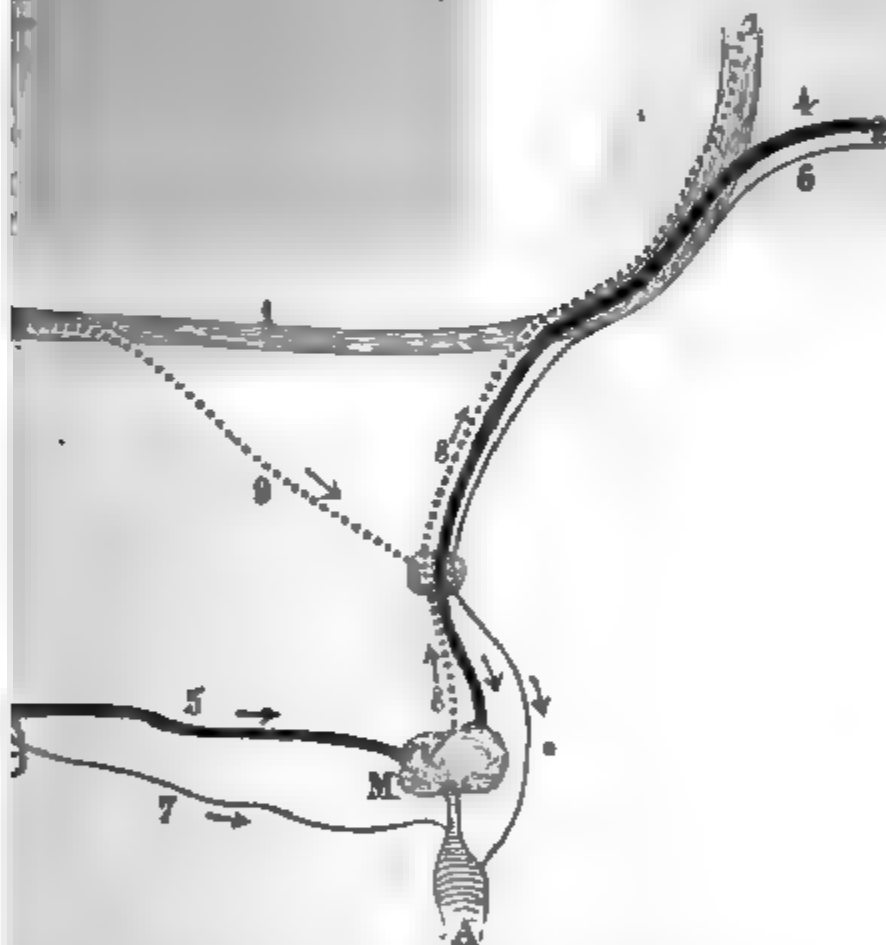


Fig. 84. — Nerve de la glande sous-maxillaire.

par la corde du tympan (4) et du sympathique (5), et dans ces conditions la salive a des caractères particuliers, étudiés page 148.

— 1, nerf lingual. — 2, corde du tympan. — 3, ganglion sous-maxillaire. — 4, plexus sympathique. — 5, fibres sécrétrices sympathiques. — 6, fibres vasculaires. — 7, fibres vaso-motrices sympathiques. — 8, fibres sensitives de la langue du lingual allant au ganglion sous-maxillaire. — M, glande sous-maxillaire. — A, plexus sympathique.

de l'artère de la glande; les autres, contenus dans le muiet sy (7), sont constricteurs.

3° *Glande sublinguale*. — Les nerfs glandulaires viennent de la corde du tympan et peuvent entrer en activité d'une façon (excitation centripète du lingual et du glosso-pharyngien). Les vasculaires viennent du sympathique.

Les centres nerveux salivaires de ces différentes glandes n'ont encore été déterminés d'une façon précise. Ils ont probablement leur siège dans la moelle allongée (P. Grützner), mais ils remonteraient certainement plus haut; j'ai vu, chez le lapin, la cantharisation sympathique de la base du cerveau dans la région du troisième ventricule produire une salivation abondante.

L'excrétion salivaire se fait sous l'influence de la pression exercée dans les *acini* par la salive qui est incessamment sécrétée. Cette pression, très-variable du reste, est en général assez faible et peut dépasser, comme on l'a vu, la pression sanguine. J'ai trouvé dans un cas chez le chien jusqu'à 230 millimètres de hauteur de la cure. Les conduits salivaires ne contenant pas de fibres musculaires (sauf peut-être le canal de Wharton), l'expulsion de la salive ne peut être influencée par la contraction de ces muscles. On ne saurait au moins d'admettre, avec Ranvier, une contraction des cellules épithéliales qui les tapissent. Les jets de salive qui se produisent dans certains cas doivent plutôt être attribués, soit à la contraction des muscles ambiants, soit à un excès momentané de pression dans les voies salivaires sous l'influence d'une sécrétion très-abondante.

4° *Sécrétion du suc gastrique*.

sécrètent un liquide alcalin (mucus stomacal?) qui n'a pas d'action digestive. La muqueuse stomacale est acide, comme on peut le constater à l'aide du papier de tournesol; mais cette acidité est superficielle; pendant la vie, à la surface de la muqueuse, et la partie profonde de la muqueuse reste toujours alcaline, comme on peut le constater directement. (Brücke.) Une expérience élégante de Brücke, confirmée récemment par Lépine, en donne la démonstration; il injecte du ferrocyanure de potassium dans une veine d'un animal et du lactate de fer dans une autre; la coloration bleue du milieu acide, ne se voit qu'à la surface de la muqueuse; dans les cellules glandulaires soit profondes en tube de l'estomac, soit superficielles. D'après les recherches de Brücke et de Rollett, les cellules glandulaires sont de deux espèces de cellules: 1° des cellules anciennes accolées à l'épithélium, qui soulèvent la muqueuse; 2° des cellules nouvelles, dites cellules de Rollett; 3° des cellules centrales de Heidenhain, cellules adipeuses de Rollett. Les glandes de la région pylorique ne contiennent que cette seconde espèce de cellules.

Mécanisme de la sécrétion du suc gastrique est encore incertain. On croyait autrefois que la pepsine était formée dans les grosses cellules, dites à pepsine. D'après Heidenhain au contraire, la pepsine serait formée dans les cellules centrales et serait produite ou plutôt préparée dans les grosses cellules superficielles. Cependant Wittich et quelques autres auteurs ont toujours à ces dernières la formation de la pepsine. On a émis sur la formation de la pepsine l'hypothèse suivante: il faut le dire, par la plupart des expérimentateurs, la sécrétion de la pepsine est sous la dépendance de certaines substances particulières, *substances peptogènes*, qui doivent être introduites dans le sang par l'absorption; telles sont, entre autres, la dextrose, les os, la gélatine. Quand les peptogènes ne sont pas dans le sang, l'estomac peut encore sécréter un suc, mais dépourvu de pepsine et impropre à la digestion. Mais, au fur et à mesure que ces peptogènes pénètrent dans le sang, l'estomac se charge peu à peu de pepsine qui apparaît dans le suc gastrique. Aussi détermine-t-on la formation de pepsine en plaçant une solution de dextrose dans le rectum; les

mais en présence des contradictions qui se sont élevées
derniers temps sur la nature de l'acide libre du suc g
crois inutile de rappeler les hypothèses émises sur ce

La circulation stomacale présente des variations
dantes aux diverses phases de la sécrétion; dans l'
la muqueuse est pâle, exsangue; les veines qui en
sont rétrécies et d'une couleur foncée; au moment d
tion, la muqueuse devient rosée, turgide; les veines s
et remplies d'un sang rouge, presque artériel; en mêm
température de l'estomac augmente d'un degré enviro

L'influence de l'innervation est à peu près inconnue,
on n'a pu déterminer d'une façon précise, par l'expé
sur le pneumogastrique ou le sympathique, les conditio
sécrétion (voir: *Innervation*). Un fait cependant prouve
nerveuse glandulaire, c'est que, même quand l'excita
cale est localisée en un seul point, la sécrétion ne s'en
moins sur toute la surface de l'estomac, sauf du côté

k. Sécrétion du suc pancréatique

Le suc pancréatique (voir page 161) est sécrété p
créas. Le pancréas est une glande en grappe dont l
est analogue à celle des glandes salivaires.

Le mécanisme de la sécrétion pancréatique est pr
le même que pour la sécrétion salivaire; mais l'on
mode de formation des trois ferments qui donnent a

estomac et modifiées ensuite dans la rate, et l'extirpation de la rate empêcherait le suc pancréatique de digérer les albumines; mais, pas plus que pour les peptogènes, la théorie de la rate ne peut se soutenir devant les faits.

La sécrétion pancréatique offre les mêmes alternatives que la sécrétion des glandes salivaires; dans l'intervalle des repas le suc est jaune pâle, et le sang veineux a sa coloration normale; pendant la période d'activité, c'est-à-dire 4 à 6 heures après la digestion des aliments, la gomme est rosée et le sang qui passe dans la couleur du sang artériel. L'excitation du pancréas est très facile, mais les conditions de son excitation sont encore peu connues. L'excitation du nerf vagal du pneumogastrique provoque la sécrétion; le vomissement (ou la section du nerf) produit le même effet; la section du nerf sympathique (ou la section du nerf) provoque la même sécrétion paralytique. L'excitation du nerf sympathique (ou peut-être plutôt la section) provoque la sécrétion paralytique.

La sécrétion du suc pancréatique ne présente rien de particulier. Bernard l'a vue s'arrêter sous l'influence des efforts et de la fatigue.

1. — Sécrétion du suc intestinal.

Le suc intestinal (voir page 166) est sécrété par les glandes enroulées dans l'intestin. Le mécanisme de cette sécrétion n'a guère été étudié jusqu'ici, d'autant plus qu'on n'est pas tout à fait d'accord sur les propriétés du suc intestinal et que sa nature varie suivant les méthodes employées pour le recueillir.

On a vu, après la section de tous les nerfs d'une anse intestinale (*dénervation de l'intestin*), du liquide (transsudation du sang ou sécrétion paralytique?), s'accumuler dans l'intestin.

4. — ABSORPTIONS LOCALES.

Les conditions générales de l'absorption ont été étudiées page 166. Les membranes connectives et des épithéliums

L'absorption des gaz et des substances volatiles par la peau est incontestable. On peut empoisonner un animal en le plongeant jusqu'au cou dans une atmosphère d'hydrogène sulfuré, en prenant soin que le gaz ne puisse pénétrer par les voies respiratoires. Bichat avait déjà sur lui-même observé l'absorption des gaz putrides par la peau. Carpenter, dans sa *Physiologie*, cite des augmentations de poids constatées sur des jockeys soustraits au entraînement après un séjour dans une atmosphère saturée d'hydrogène sulfuré. La voie d'absorption des gaz par la peau est encore incertaine (surface épidermique, glandes sudoripares?).

L'absorption des liquides et des substances dissoutes est beaucoup plus controversée. Pour l'eau et les solutions aqueuses, deux causes principales s'opposent à l'absorption : 1° la couche sébacée qui recouvre la peau, empêche l'eau de pénétrer à travers l'épaisseur de l'épiderme; ainsi, dans un bain, voit-on l'eau glisser sur la peau sans la mouiller, comme sur une surface lustrée, si on n'a pas préalablement enlevé cette couche sébacée. L'imbibition de l'épiderme se fait avec une très-grande lenteur, surtout sur les parties dépourvues de glandes sébacées (paume de la main, plante des pieds, etc.), et cette imbibition est la première condition de l'absorption. Aussi, l'absorption de l'eau et des substances dissoutes dans l'eau ne se fait-elle qu'en très-petite quantité et seulement par les régions dépourvues de matière grasse. Sans moins que des lavages réitérés, des solutions alcalines ou des dissolvants appropriés (alcool, éther, chloroforme), n'aurait-on enlevé cette matière grasse ou qu'elle n'ait disparu avec la couche

teux, à moins que la peau ne présente des solutions de

continuité. L'absorption des substances solides a été constatée pour
 substances; par exemple, après les applications de
 mercurielle, on retrouve les globules de mercure, en
 formes en sublimé, dans les follicules pileux et dans
 les sébacées et sudoripares (Neumann), et dans les cou-
 rantes. Cette pénétration est favorisée par les actions
 mécaniques, comme le frottement.

Absorption par le tube digestif. — L'eau, les substances
 dissoutes dans l'eau, l'alcool, etc., sont absorbés dans
 l'intestin du tube digestif. Seulement la rapidité de l'ab-
 sorption varie suivant les substances et suivant les régions. L'in-
 testin grêle et le gros intestin paraissent absorber en général
 plus facilement que l'estomac, et même, d'après quelques phy-
 siologistes, l'estomac chez certaines espèces animales, le che-
 val, par exemple, serait refractaire à l'absorption (Colin); on
 voit l'eau ingérée séjourner très-longtemps dans la païse du
 duodénum. Du reste, la lenteur de l'absorption peut dans quel-
 ques cas donner le change et faire supposer une non-absorp-
 tion; on avait cru d'abord que le curare n'était pas absorbé
 par l'estomac; il l'est cependant, mais avec assez de lenteur
 pour que les symptômes de l'empoisonnement ne se produisent
 qu'après l'absorption étant éliminée au fur et à mesure par les urines,
 le curare empêche cette élimination par l'extirpation des reins,
 la mort se produit. (Cl. Bernard, Hermann). Les virus et
 les bactéries ne paraissent pas être absorbés par la muqueuse di-
 gestive; on peut impunément, si l'épiderme buccal est
 intact, se faire la piqûre faite par la morsure d'une vipère ou d'un
 serpent.

**Absorption de substances solides (globules sanguins, grains
 de matières colorantes, etc.) par l'intestin dans les chyli-
 daires.** Les capillaires sanguins ont été très-agités dans ces
 dernières années, mais les expériences, quelque nombreuses
 qu'elles soient, n'ont pas encore donné des résultats précis (1), et
 je n'en parlerai pas ici.

Absorption pulmonaire. — Les gaz et les substances vola-

Desautels, *Anatomie générale et Physiologie du système lymphatique*, 71.

(charbon, silice).

4° Absorption par les séreuses. — Les séreuses absorbent avec une grande facilité, comme le prouvent les expériences physiologiques et les faits pathologiques. Cette absorption est favorisée par les actions mécaniques dans lesquelles se trouvent ces membranes. Ainsi dans la plèvre, l'absorption est favorisée par la respiration (Dybkowsky), dans le péritoine par l'expiration (Schweigger-Seidel).

Le passage de particules solides de la cavité des séreuses aux lymphatiques a été démontré par Recklinghausen et par la plupart des expérimentateurs, pour la séreuse pleurale. Cette pénétration se ferait par des ouvertures (stomata) qui existent entre les cellules endothéliales du péritoine qui recouvre les viscères et le diaphragme.

5° Absorption par le tissu cellulaire. — Le tissu cellulaire absorbe avec une très-grande rapidité l'eau et les solutions aqueuses; il vient, comme vitesse d'absorption, après le tissu muqueux respiratoire. Aussi cette propriété est-elle utilisée fréquemment en médecine dans les injections dites sous-cutanées. On a besoin de faire pénétrer très-rapidement un médicament dans le sang.

6° Absorption vésicale. — L'absorption vésicale a été démontrée par presque tous les physiologistes, et on en voyait l'effet dans la concentration de l'urine dans la vessie; Köster et Susini, en se basant sur ses expériences, répétées sous sa direction par Susini, conclut à l'imperméabilité absolue de l'épithélium vésical.

5. — PHYSIOLOGIE DU FOIE.

Fonction du foie comme organe sécréteur de la bile a été
avec les sécrétions (page 464). Mais le foie agit en outre
en tant qu'une glande vasculaire sanguine dans la glycogénie
et probablement aussi un rôle important par rapport au
sang et peut-être dans la formation de la graisse.

a. — G lycogénie.

La question de la glycogénie n'existait pas avant les travaux
de Bernard (1849), et presque toutes les découvertes essen-
tielles sur ce sujet (formation de sucre dans le foie, présence de
matière glycogène, action du système nerveux, etc.) sont dues
à un physiologiste français.

La question de la glycogénie hépatique peut se résumer ainsi :
le foie contient une substance, substance glycogène, qui se trans-
forme en sucre dans cet organe sous l'influence d'un ferment. Ce
sucre est versé dans le sang par les veines sus-hépatiques et oxydé
dans les capillaires de certains organes. La substance glycogène
peut provenir de l'alimentation ou être fabriquée directement
dans le foie aux dépens du sang. Nous étudierons successivement :
1° la substance glycogène du foie et sa formation, la transforma-
tion de la substance glycogène en sucre, le passage de ce sucre
dans le sang, le mode et le lieu de destruction de ce sucre,
2° les influences diverses et surtout nerveuses qui influent sur ces
processus; enfin le dernier paragraphe comprendra l'étude de
la glycogénie dans les tissus et dans le placenta, quoique cette
question se rattache qu'indirectement à la physiologie du foie.

1° Substance glycogène du foie.

Les caractères chimiques de la substance glycogène (amidon)
ont été donnés page 66, et le procédé d'extraction de
ce sucre, page 177. La substance glycogène, zoamyline de
Moussier, se trouve à l'état amorphe dans les cellules hépatiques,
comme l'a cru Schiff, à l'état de granulations (amidon)

animal); ce fait, signalé par Rouget en 1859, l'a été récemment par C. Bock et A. F. Hoffmann, qui ont les réactions microchimiques de cette substance glycogène existe dans les cellules hépatiques, surtout dans celle qui répondent aux veines sus-hépatiques, et dans ces cellules surtout autour du noyau, comme le montre la coloration de ces cellules par l'iode (coloration rouge vineuse).

La quantité de glycogène du foie varie suivant les animaux; elle est en moyenne de 1,5 à 2 p. 100. Le tableau, emprunté à Mac-Donnell, donne la quantité de glycogène du foie chez divers animaux; on a en regard le poids de l'animal par rapport au foie en considérant le poids du foie comme égal à 1.

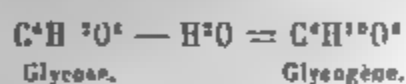
	Rapport du poids du corps à celui du foie.	Quantité de glycogène par p. 100
Chien	30	4
Chat.	19	1
Lapin	35	1
Cabiai	21	1
Rat	26	1
Hérisson	27	1
Pigeon	44	1

Le glycogène existe chez tous les animaux vertébrés. Sa quantité dans le foie atteint son maximum quelques heures après l'alimentation; l'inanition le diminue et le fait disparaître presque complètement si elle se prolonge suffisamment même suivant quelques auteurs, sauf pendant la inanition, où il s'accumule dans le foie. Après la mort, il disparaît très-rapidement du foie en se transformant en glycose; pour le démontrer faut-il agir très-rapidement et arrêter l'oxydation par l'alcool ou l'ébullition. Les animaux ruminants, dont le foie est revêtu d'un enduit imperméable perdent très-vite leur glycogène; il se reparaît par la calorification artificielle.

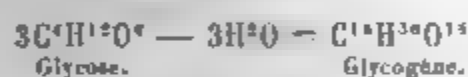
L'origine de la substance glycogène du foie présente certaines incertitudes. Cependant on peut la concevoir de la façon suivante: le glycogène est fabriqué aux dépens de l'alimentation et en l'absence de l'alimentation.

L'origine alimentaire du glycogène est aujourd'hui hors de doute; mais à ce point de vue les divers aliments ont une influence différente. Les hydrocarbonés, et surtout les sucres (sucre de canne, sucre de raisin, etc.) ont une influence très-forte.

Le sucre de lait, augmentent la quantité de glycogène du foie, et ces diverses sortes d'aliments sont absorbés dans l'intestin à la forme de glycose, c'est en réalité cette glycose qui, apportée au foie par la veine porte, se transforme en glycogène par l'action des cellules hépatiques, il y a là une simple déshydratation, le glycogène étant un hydrate de la glycose, comme le démontre l'équation suivante :



Les formules de la page 201.



L'expérience de Cl. Bernard démontre bien cette action du foie sur la glycose qui lui arrive par la veine porte. Si on injecte de la glycose dans la veine jugulaire, le sucre en excès dans le sang passe dans l'urine; si on l'injecte dans une branche de la veine porte (veine hépatique), le sucre ne passe plus dans les urines, il est arrêté au passage par le foie où il est utilisé pour la fabrication du glycogène. Mais il faut pas en injecter une trop grande quantité, sans cela le foie ne peut arrêter tout le sucre injecté qui déborde et dont l'excès se retrouve dans les urines.

L'action des graisses est beaucoup plus douteuse et n'est pas admise par la plupart des observateurs; cependant Salomon a vu l'augmentation du glycogène par l'injection d'huile d'olive. La glycérine injectée dans l'abdomen produit une augmentation de glycogène du foie, et on s'est demandé si le glycogène ne proviendrait pas de la glycérine formée par le dédoublement des graisses (Van Deel), mais la plupart des expériences ne s'accordent pas avec cette théorie et semblent prouver que la graisse, prise seule, fait baisser les proportions d'amidon hépatique. En injections sous-cutanées, la glycérine reste sans influence sur le glycogène du foie. (Luchsinger)

Par les aliments azotés, l'action de la gélatine est seule prouvée d'une façon positive, et le doute existe encore pour les autres substances albuminoïdes; ainsi l'injection d'albumine dans l'estomac n'augmente pas la quantité de glycogène hépatique; cependant Cl. Bernard et la plupart des physiologistes admettent la production de glycogène aux dépens d'une nourriture azotée. Dans ce cas, les substances albuminoïdes se dédoublent en substance glycogène (ou sucre) et une matière azotée (urée?); et, en effet, on trouve dans le foie une certaine proportion d'urée qui semble s'y former (voir

urée). Outre l'origine alimentaire de la substance glycogène, il est certain aujourd'hui que cette substance peut se former

le système artériel.

Aux dépens de quelles substances se forme, en dehors de l'oxydation, la substance glycogène du foie? La question est difficile à résoudre. La comparaison du sang apporté par la veine porte et de la veine hépatique ne donne que des résultats peu précis, plus qu'il serait impossible de décider si les principes dissous le premier ont servi à la production du glycogène ou à la formation de la bile. Est-ce aux dépens du sang ou de la substance des cellules hépatiques que se forme la substance glycogène? La première hypothèse paraît plus probable, car dans un foie privé de sang par lavage, on ne voit pas se former de substance glycogène; mais que dans ce cas la transformation de la substance glycogénique est tellement rapide qu'il est difficile de dire si tout le sucre formé correspond bien à la quantité de glycogène existant dans le foie ou si une partie de ce sucre n'est pas due à une formation nouvelle de glycogène suivie de transformation glycosique immédiate.

La présence de la glycocolle dans les acides biliaires et la formation de cette substance ont suggéré à Heynsius et Kühne l'hypothèse ingénieuse; la glycocolle se dédoublerait en urée et en glucose, d'après l'équation suivante, glucose qui se transformerait en glycogène:



Ces deux auteurs ont vu, en effet, l'ingestion de la glycocolle augmenter la quantité de substance glycogène du foie en même temps que l'urée augmentait aussi dans le foie et dans l'urine, et l'on sait aujourd'hui que l'urée est un des produits de l'activité hépatique.

puissance directe sur la formation du glycogène; ils ne feraient que retarder son oxydation et n'agiraient par conséquent que comme des corps très-oxydables, en détournant l'oxygène et en l'empêchant d'arriver au glycogène, qui alors, grâce à leur intervention, s'accumulerait dans le foie. Mais si cette théorie était vraie, la même réaction pourrait être produite par toute substance facilement oxydable, quelle soit, graisse, acides organiques, etc., ce qui n'est pas.

2° Sucre dans le foie.

Le sucre se trouve dans le foie à l'état de glycose, et celle-ci se forme dans le foie lui-même aux dépens de la substance glycogène. Cette formation de sucre dans le foie a été démontrée par Cl. Bernard à l'aide de plusieurs expériences dont la plus importante est celle du lavage du foie (1855). On extrait l'animal qui vient d'être sacrifié, et on fait passer à travers le foie par la veine porte un courant d'eau froide; cette eau de lavage est d'abord sucrée, puis le sucre y diminue peu à peu jusqu'à finir par disparaître; le foie à ce moment ne contient plus de glycose; si on l'abandonne alors à lui-même, la glycose s'y accumule de nouveau, et on constate en même temps que la substance glycogène qu'il contenait disparaît graduellement. Cette formation de glycose *post mortem* dans le foie est accélérée par la chaleur, arrêtée par une température de 0°, ainsi que par une température élevée (température de l'ébullition). Les chiffres suivants, empruntés à Dalton, donnent une idée de la rapidité de la formation de glycogène *post mortem*; il a trouvé dans un cas les quantités suivantes de glycose dans le foie après l'extraction de l'animal l'animal vivant:

Après	5 secondes	1,8	pour 1,000
—	15 minutes	6,8	—
—	1 heure	10,3	—

La formation de glycose dans le foie aux dépens de la substance glycogène se fait-elle aussi pendant la vie? Pavy et quelques autres physiologistes ont prétendu que ce n'était qu'un phénomène cadavérique. Cependant les expériences de Cl. Bernard, confirmées par la plupart des observateurs, ne permettent pas de le croire. Si, sur un chien nourri avec de la viande, on extrait le sucre, on prend du sang, avec les précautions

voulues indiquées dans les travaux de Cl. Bernard, dans la veine porte et dans la veine sus-hépatique, on constate que la veine porte ne contient pas de glycose, tandis que le sang des veines hépatiques en contient toujours une certaine quantité, donc formé du sucre entre la veine porte et la veine sus-hépatique, et ce sucre ne peut s'être formé que dans le foie. La constatation directe a été faite, et l'analyse d'un fragment de foie pris sur l'animal vivant a montré la présence du sucre d'une façon incontestable; seulement ce sucre se trouve en très petite quantité, parce qu'il passe au fur et à mesure dans les veines sus-hépatiques (¹).

Quel est maintenant le mécanisme de la formation du sucre aux dépens de la matière glycogène? Cette transformation est une fermentation véritable. Tous les ferments diastatiques, le suc pancréatique, la salive, les tissus animaux altérés, opèrent la même transformation. Dans le cas spécial, ce ferment existe dans les cellules hépatiques dont il peut être extrait, même du sang hépatique, par les procédés d'extraction de la ptyaline. Cette transformation est détruite par l'ébullition; aussi, quand on met dans l'eau bouillante un fragment de foie, la transformation du glycogène en glycose ne se fait plus, le ferment étant détruit; mais elle recommence si on ajoute un ferment diastatique.

L'origine de ce ferment hépatique est encore douteuse; il paraît venir du sang et être fixé par les cellules hépatiques; où le sang le prend-il? Est-ce la ptyaline résorbée dans le sang? Est-ce un simple produit formé au moment de la destruction des tissus (Lépine), ou des globules sanguins (Van Tienhoven)? Le dernier observateur a vu en effet que les globules, au moment de leur destruction, transforment le glycogène en glycose à une température de 35°; la même chose se passerait dans les cellules du foie.

3° *Du sucre dans le sang.*

D'après les faits mentionnés plus haut, le foie verse incessamment dans le sang une certaine quantité de glycose. La

(¹) L'extirpation du foie sur les grenouilles, pratiquée par M. Van Tienhoven, n'est pas suivie d'une accumulation de sucre dans le sang, prouvant que le foie est bien le lieu de formation de la glycose.

re dans le sang avait été déjà constatée dans le diabète de Gregor (1837), et dans le cas d'alimentation féculente de Richard (1837), mais c'est Cl. Bernard qui le premier a constaté la présence du sucre dans le sang indépendamment de l'alimentation, et par conséquent sa production par l'organisme (1849). Il faut donc distinguer à ce point de vue le sang en dehors d'une alimentation sucrée et son état dans une alimentation qui fournit directement de la glycose. Dans le premier cas, si, par exemple, on nourrit un chien avec une viande tout à fait dépourvue de sucre, on ne trouve pas de sucre dans le sang de la veine porte, on en trouve dans le sang des veines hépatiques, et ce sucre ainsi fourni par le foie se trouve dans la veine cave inférieure, le cœur droit, et, en quantité, dans le sang artériel; puis dans le sang veineux de tous les capillaires généraux, la quantité du sucre est la même que dans le sang artériel. Le sucre versé dans le sang par le foie n'a donc pas disparu dans les capillaires du poumon, mais il a disparu en partie dans les capillaires généraux.

Dans l'alimentation qui fournit de la glycose absorbée dans l'intestin, les conditions changent; cette glycose ainsi absorbée se trouve dans la veine porte en quantité variable suivant l'abondance de l'alimentation sucrée ou féculente. Quand cette alimentation sucrée ou féculente est abondante, la proportion de sucre dans la veine porte peut être la même que celle qui existe dans les veines sus-hépatiques, mais la proportion de sucre dans tous les autres segments du système vasculaire ne varie pas et reste ce qu'elle était dans le cas précédent. En résumé, dans la veine porte la quantité de sucre est variable et dépend de l'alimentation, dans la veine sus-hépatique et dans le reste du système vasculaire, elle est constante et indépendante de l'alimentation. La proportion normale du sucre dans le sang serait la suivante, d'après Cl. Bernard :

Homme.	0,90 pour 1,000
Bœuf.	1,27 —
Veau.	0,99 —
Cheval.	0,91 —

La glycémie augmente cette proportion; l'inanition l'accroît un peu au début, puis la diminue. La quantité de sucre du sang reste une assez grande constance; quand cette quantité dépasse une certaine limite (0,1 à 0,6 p. 100), le sucre apparaît dans les urines, il y a glycosurie ou diabète.

Que devient la glycose ainsi introduite dans le sang? La glycose est, comme on le sait, très-oxydable, surtout en présence des alcalis, et en effet, si on met en contact avec du sucre interverti (mélange de glycose et de lévulose), l'examine au polarimètre, on constate aisément, par l'augmentation de la déviation, la disparition graduelle de la glycose. On ne perd pas cette altérabilité qui rend compte de sa destruction dans le sang, car la proportion de glycose reste sensiblement constante dans toute l'étendue du système artériel; c'est au trajet des capillaires que le sucre disparaît et seulement dans les capillaires généraux. En effet, les analyses comparatives du cœur droit et du cœur gauche ont montré dans le sang la même proportion de sucre et prouvé, contre l'opinion émise d'abord par Pavy et quelques autres physiologistes, qu'il n'y a pas de glycose oxydée dans les capillaires du poumon. La destruction du sucre a lieu exclusivement dans les capillaires généraux, mais dans quels organes? Les recherches récentes tendent à faire admettre que cette destruction du sucre se fait surtout dans les muscles (Cl. Bernard, Tieffenbach, W. Kühn). Le sucre formé dans le foie serait le combustible des muscles qui l'emploieraient pendant leur contraction. Si on augmente l'activité d'un membre en excitant le nerf de ce membre, le sucre se détruit en plus grande quantité dans le sang. On sait en outre que les muscles contiennent aussi une certaine quantité de substance glycogène; or, si on tétanise une des jambes d'une grenouille, les muscles de cette jambe contiennent mo-

où que, d'après cette théorie, le sucre du sang aurait une très-grande influence sur le travail musculaire et par conséquent sur la température animale, quoique cette dernière n'ait été nœe par Schiff, qui n'a pas trouvé d'abaissement de température chez les grenouilles dont le foie était dépourvu. Mais ce n'est pas là le seul rôle qui lui ait été attribué. En effet, il aurait une signification histogénétique et jouerait un rôle dans la formation des tissus: d'autres, au contraire, y ont vu un produit de désassimilation. (Rouget.) On a prétendu que le sucre empêchait l'infiltration du sang dans le poumon; mais la seule théorie acceptable est celle qui a été émise plus haut, sans cependant nier d'une façon absolue l'importance histogénétique admise par les auteurs.

5° Influence du système nerveux et de la circulation.

Bernard a démontré, par une expérience célèbre, que la piqûre du plancher du quatrième ventricule, au niveau des origines du pneumogastrique, produit un diabète temporaire voir *Inner-
D'après Dock*, ce diabète ne se produirait pas chez les animaux dont le foie est dépourvu de matière glycogène à la suite de l'amaigrissement, et le même observateur a constaté que chez ces animaux l'ingestion de sucre ne fait pas reparaître le glycogène du foie. L'interprétation de l'expérience de Cl. Bernard est difficile. Après l'opération, les vaisseaux du foie sont dilatés et gorgés de sang, de sorte que le diabète semble devoir être rapporté à des troubles de l'innervation vasculaire d'autant plus que des centres vaso-moteurs se trouvent dans la même région. Il y aurait dans ce cas paralysie vasculaire du foie. Mais cette paralysie ne paraît pas due à la destruction d'un centre vaso-moteur, puisque le diabète n'est que temporaire, il serait dû à une excitation de nerfs vaso-dilatateurs analogues aux nerfs de la corde du tympan qui dilatent les artères de la glande sous-maxillaire. (Cl. Bernard.) La section des fibres de l'anneau cervical et la destruction du ganglion cervical inférieur et du ganglion thoracique produisent aussi le diabète. (Joff.) L'excitation du bout central du pneumogastrique produit le même résultat, tandis que l'excitation du bout péri-

La section de la moelle chez un animal à sang chaud (la dernière cervicale et la première dorsale) fait disparaître le sang et du foie, tandis que la substance glycogène reste en quantité considérable dans le foie.

La théorie de ces phénomènes physiologiques est à donner, et l'application qu'on a voulu faire de ces faits à la formation du diabète, tant artificiel que pathologique, est encore prématurée. Le cadre de ce livre ne comporte pas la discussion de toutes les hypothèses qui ont été proposées.

6° *Glycogénie placentaire et histologie*

La découverte de la substance glycogène dans le foie (Cl. Bernard fut bientôt suivie d'une autre découverte à cette question de la glycogénie une extension. Cl. Bernard, puis Rouget, rencontrèrent en effet cette substance glycogène dans le placenta et successivement dans les tissus de l'embryon, muscles, poumons, épithélium des muqueuses, etc., et cette substance glycogène diminue mesure que le foie augmentait de volume et d'activité qu'à la naissance on n'en trouvait guère plus que dans les muscles.

Après la naissance, l'existence de la matière glycogène constatée dans les muscles, ce qui s'accorde avec la théorie plus haut au sujet de la destruction de la glycose: e

et de considérer la substance glycogène ou zoamyline, à la suite de Rouget, comme une partie essentielle des tissus du foie, au même titre que la graisse et les albuminoïdes, et de les considérer comme des tissus en voie de formation. Mais cette conception ne s'atteint en rien, comme on l'a prétendu, la fonction propre du foie telle que l'avait comprise Cl. Bernard, et le foie n'est pas moins le foyer par excellence de la fabrication de la substance glycogène et de la glycose.

b. — Autres fonctions du foie.

En ce qui concerne le rôle du foie dans la sécrétion biliaire et dans la glycogénation, on a attribué à cet organe des fonctions très-diverses, et je laisserai de côté pour le moment tout ce qui ne peut servir qu'à parler que de deux théories principales sur des faits physiologiques.

Le foie comme organe producteur de graisse. — Le foie est, comme le prouvent les faits pathologiques, très-sujet à la dégénérescence graisseuse, et les cellules hépatiques ont une aptitude toute spéciale à se charger de graisse dans certaines conditions même physiologiques; dans ces cas, l'infiltration graisseuse débute en général par les cellules périphériques du lobule, c'est-à-dire les plus rapprochées des ramifications de la veine porte. La production de graisse dans le foie paraît se faire dans des conditions qui la rattacheront intimement à la glycogénation. En effet, d'après Tschérinoff, la matière glycogène donnerait naissance non-seulement à de la glycose, mais encore à de la graisse. La graisse serait très-oxydable, comme celle qu'on rencontre dans l'huile de foie de morue par exemple, et elle épargnerait par conséquent une certaine quantité d'oxygène ou mieux diminuerait le besoin d'oxygène de la respiration. Il y aurait donc sous ce rapport un lien étroit entre le foie et le poumon. Partout où la respiration est peu active (poissons) le foie est très-volumineux; c'est l'inverse dans les conditions contraires; ainsi les oiseaux ont une respiration très-active et le foie très-petit. (Neumann.)

Le foie comme organe hématopoïétique. — On a attribué au foie un double rôle dans la constitution des globules sanguins; il est, d'un côté, formateur, pour les autres destructeur, enfin les physiologistes il aurait à la fois les deux rôles.

Il est très-probable, en premier lieu, qu'il y a destruction des globules rouges. En effet, la bilirubine l'hémoglobine en perdant du fer (voir : *Désassimilation*) globules sanguins rencontrent dans les acides biliaires forment dans le foie des agents de destruction; enfin l'injection d'une solution d'hémoglobine dans la veine porte cette hémoglobine se transforme en bilirubine. D'après Lehmann, en s'appuyant surtout sur les caractères des globules sanguins et leur proportion dans le sang de la veine porte dans le sang des veines sus-hépatiques, a cru pouvoir conclure la formation dans le foie de globules rouges; les globules des veines hépatiques seraient plus petits, plus sphériques, plus résistants à l'eau, en un mot auraient des caractères particuliers. Mais les recherches ne sont pas assez précises pour qu'on en tire une conclusion positive. Cependant si on réfléchit que le fer perdu par l'hémoglobine pour se transformer en bilirubine doit se retrouver quelque part et qu'il ne se rencontre dans le tissu hépatique, ni dans la bile (qui n'en renferme que des quantités infinitésimales), on est porté à admettre que le fer est repris pour entrer dans la constitution des globules de nouvelle formation.

6. — PHYSIOLOGIE DES GLANDES VASCULAIRES SANGUINES

La physiologie de ces organes est encore très-obscur, mais un lien étroit les rattache tous entre eux, c'est qu'ils jouent un rôle essentiel dans la formation des globules blancs.

Tous ces organes peuvent être considérés comme des glandes plus ou moins perfectionnées du tissu connectif, tel qu'on le comprend d'après les données modernes (voir page 2). Leur structure générale se réduit en dernière analyse à des canaux connectives dont les mailles, infiltrées de globules blancs, sont constituées par du tissu réticulé et s'abouchent avec les vaisseaux des capillaires lymphatiques. Si l'on suit la série progressive des modifications anatomiques que ces organes présentent en se perfectionnant, on trouve d'abord le degré le plus primitif qu'on peut appeler l'*infiltration lymphoïde diffuse*, dans lequel le tissu connectif réticulé s'infiltré de globules blancs dans la muqueuse intestinale; dans un degré plus avan-

lymphoïde est circonscrite, elle se dégage du tissu ambiant sous forme d'une petite granulation arrondie ou *follicule clos*; tels sont les corpuscules de Malpighi de la rate. Mais ces follicules ne restent pas ainsi isolés; ils se réunissent, ils s'agminont en masses plus ou moins volumineuses, comme dans les *plaques de Peyer* de l'intestin. Enfin, dans un degré de développement plus élevé, ils constituent de véritables organes, *amygdales, glandes lymphatiques, thymus*, etc., pour trouver en dernier lieu dans la *rate* (¹) qui occupe le dernier terme de la série, leur maximum de développement. (Voir : *Anatomie*, 2^e édit., p. 89.)

Élément caractéristique de tous ces organes, c'est le globule blanc, encore bien éclairci au point de vue histologique, il n'y a aujourd'hui de doute sur la nature de sa formation. Il est probable qu'il faut séparer de cette catégorie d'organes lymphoïdes un certain nombre de glandes vasculaires sanguines. La glande thyroïde, par exemple, paraît avoir des rapports intimes avec la circulation sanguine et n'être autre chose qu'un diverticulum de cette circulation. D'autre part, les capsules surrénales et la glande pituitaire semblent, par leurs connexions et leur mode de développement, se rattacher surtout au système nerveux du grand sympathique. Enfin, il est encore quelques petits organes, glande thyroïdienne, ganglion intercarotidien, dont la fonction est encore indéterminée.

On n'étudiera donc dans ce chapitre que les organes lymphoïdes, glandes lymphatiques, thymus, rate, etc., en rapport avec la production des globules blancs.

1^{re} *Physiologie des organes lymphoïdes.*

Les organes lymphoïdes (infiltration lymphoïde, follicules clos, glandes lymphatiques, etc.) ont pour rôle essentiel la formation des globules blancs. Ces globules blancs, formés dans les mailles du tissu réticulé par un mécanisme encore inconnu, sont versés

¹ Les sauriens et des reptiles représente la transition entre les glandes lymphatiques et la rate des vertébrés supérieurs.

dans les radicules lymphatiques et passent de là dans le sanguin. Il est possible cependant que des globules blancs formés en dehors de ces organes lymphoïdes et dans les mêmes du tissu connectif, ce qui se comprend facilement, réfléchit que les organes lymphoïdes ne sont, comme on le verra plus haut, qu'une transformation du tissu connectif réticulé. Ce tissu connectif, sous une influence particulière, une irritation, par exemple, prolifère, et le produit de cette prolifération est la formation de globules blancs, une infiltration lymphoïde. Aussi peut-on trouver des globules blancs dans la lymphe même que cette lymphe ait traversé un ganglion.

Des recherches récentes de Cohnheim, confirmées par un grand nombre d'observateurs, infirmées par d'autres et en particulier par Cohnheim lui-même qui est revenu sur ses premières assertions, tendraient à faire admettre que les globules blancs trouvés dans les lacunes connectives et quelquefois en si grande quantité, comme dans l'inflammation, proviennent des globules du sang qui auraient traversé la membrane des capillaires. Cette migration des globules blancs (et des globules rouges) à travers la paroi des vaisseaux a donné lieu à de nombreuses controverses qui ne sont pas encore terminées aujourd'hui, pour lesquelles je renvoie aux traités d'histologie et d'anatomie pathologiques et aux mémoires spéciaux.

Les fonctions du *thymus* paraissent identiques à celles des ganglions lymphatiques.

2° *Physiologie de la rate.*

L'étude anatomique de la rate donne des indications précieuses pour sa physiologie; l'identité des corpuscules de Mallory dans les follicules clos révèle *à priori* son rôle d'organe de formation de globules blancs, rôle confirmé par les faits physiologiques et pathologiques. Mais cette fonction n'est pas la seule qu'on peut attribuer à la rate, et son intervention dans les phénomènes de nutrition et en particulier dans l'hématopoïèse, paraît plus complexe que celle des organes lymphoïdes proprement dits.

Le volume de la rate éprouve des modifications très sensibles qui correspondent à l'activité circulatoire de l'organe et à son innervation. Il présente en effet, à ce double point de

sur laquelle Vulpian a insisté; le volume de la rate est sous deux conditions antagonistes: 1° la pression du sang dans l'artère splénique, pression qui distend les mailles de la capsule; 2° la contraction tonique des fibres lisses des trabécules qui rétrécissent ces mailles; si on détruit le plexus nerveux qui innervent l'artère, on paralyse les fibres lisses des trabécules et la rate se gonfle sous l'influence de la pression sanguine qui n'est plus freinée par la contraction des fibres lisses; si on lie l'artère, la rate se rétrécit; si on lève le plexus, le gonflement de la rate ne se fait pas (Bochefontaine); si on lève à la fois le plexus et l'artère, la rate se gonfle par reflux veineux (A. Moreau.) Ces variations de volume de la rate correspondent donc aux variations de la circulation abdominale, et toutes les fois que cette circulation est activée (digestion, course, etc.) la rate en ressentira tout autre organe le contre-coup.

La rate n'est pas seulement très-dilatable, elle est contractile. La contractilité de la rate, encore controversée chez l'homme, est évidente chez les animaux, où elle a été constatée directement (Defermon.) Cette contractilité, comme l'ont montré les expériences de Cl. Bernard, Schiff, Tarchanoff, Bochefontaine, est sous l'influence de l'innervation. L'excitation du plexus splénique, du plexus cœliaque, du grand splanchnique, du grand sympathique, de la partie supérieure de la moelle épinière, produisent sa contraction par action directe. Cette contraction se fait encore par action réflexe si on excite le bout inférieur du pneumogastrique ou des nerfs sensitifs (ischiatique, etc.).

Le vomissement, la nausée produisent le même résultat. La strychnine, le camphre, l'eucalyptus, sont encore stricteurs de la rate. La contraction de la rate chasse le sang des veines spléniques, qui sont intimement unies au tissu trabéculaire. (Fick.)

Le poids de la rate augmente au moment de la digestion: Cl. Bernard, dans ses expériences sur des lapins, a trouvé que le poids du poids de la rate se présentait cinq heures après le

Le sang comparé du sang de l'artère et de la veine, et celui de l'artère splénique, ont donné des résultats intéressants pour la physiologie de cet organe. La pulpe splénique contient des éléments de plusieurs sortes:

1° globules blancs;

contact avec ces globules blancs (voir page 210).

Le sang de la veine splénique contient plus de globe-
que le sang de l'artère; il est aussi moins coagulé.
d'après Beclard et Gray, il renferme plus de fibrine.
Funke, Estor et Saint-Pierre y ont trouvé moins de
pendant la digestion que pendant le jeûne.

. L'extirpation de la rate, faite plusieurs fois avec
l'homme et qui réussit très-bien chez les animaux, a
de résultats très-nets au point de vue de la physiologie.
a pas lieu de s'en étonner, puisque les autres organes
peuvent dans ce cas la suppléer dans la formation
blancs. L'hypertrophie des ganglions lymphatiques
dans quelques cas, l'excrétion de l'urée augmente
la proportion des principes solides du sang (Lun-
queret et Rodier) ainsi que la quantité de fer (Maggi-
en tout cas, un fait certain, c'est que la santé gé-
pas atteinte et que les animaux se retrouvent très-
mêmes conditions qu'avant l'opération.

On avait cru remarquer une régénération de la r-
extirpation (Philippeaux), mais, d'après les expériences
ram, il est probable que cette régénération ne se
quand l'extirpation a été incomplète.

(*) Dans un cas d'extirpation incomplète de la rate sur un
le fragment de rate laissé dans l'abdomen (de huit centimètres
normale) ne s'était pas régénéré au bout de cinq mois et il
trouvai à sa place un petit corps blanc-jaunâtre de la grosseur
d'une noix, au pincement le sang coulait comme d'habitude.

Les données précédentes permettent donc de considérer la fonction des globules blancs comme la fonction essentielle de la rate; aussi dans certaines affections, quand son activité est abolie, voit-on les globules blancs s'accumuler dans le sang (leucémie). Tarchanoff a constaté cette leucémie quatre jours après la destruction de tous les nerfs de la rate.

Il paraît se faire en outre dans la rate une *formation de globules rouges*, ou plutôt la transformation des globules blancs en globules rouges paraît s'effectuer dans cet organe d'une façon plus ou moins complète (Schönlein, Kolliker, Funke). C'est du moins ce qu'on est en droit de conclure de l'existence dans la rate de formes de globules blancs et les globules rouges.

Un grand nombre de physiologistes, Kolliker, Funke, etc., ont soutenu aussi que la rate était un lieu de destruction des globules blancs. Cette opinion s'appuie sur les formes cellulaires anormales qu'on rencontre dans la pulpe splénique, globules plus ou moins altérés en forme, globules rouges libres altérés ou fragments de globules, etc. Il est difficile, sur ces simples données, d'affirmer cette destruction des globules sans qu'on puisse cependant la nier d'une façon absolue. Des recherches plus précises permettront seules de résoudre la question.

Le rôle probable de la rate dans la *réserve organique des albuminoïdes* a été déjà mentionné page 241.

En outre aux autres hypothèses faites sur les fonctions de la rate, on ne s'appuie pas sur des faits physiologiques assez positifs pour qu'il soit nécessaire d'en parler. Je ne ferai que rappeler la théorie de Schiff sur l'influence de la rate sur la digestion pancréatique; d'après cet auteur, après l'extirpation de la rate, le pancréas aurait perdu le pouvoir de digérer les albuminoïdes. Cette théorie est complètement démentie par les faits.

Après l'opération, les globules blancs formés dans le fragment de rate resté dans l'abdomen, ne sont plus entraînés par la circulation, s'accumulent pendant longtemps dans le *reticulum* de la pulpe splénique se résorbant. L'appendice caecal, comme on sait, chez le lapin en folioles closes, est congestionné, très vascularisé et pourvu de deux glandes lymphatiques qui lui sont étroitement accolées. Le sang, le foie et les autres organes n'ont rien de particulier. L'animal était bien nourri et très gras. Cette expérience a été faite par Schiff, 20 jours après l'opération, quatre petits atermes dont trois sont nés sadiatement.

Outre ses fonctions nutritives, la rate joue encore le rôle de diverticulum pour la circulation abdominale et en partie pour la circulation du foie et de l'estomac. (Gray, Dogel, etc.)

La *moelle osseuse*, d'après des recherches récentes (Bizzozero, Hoyer), se rapprocherait beaucoup de la rate et pourrait aussi à la formation des globules blancs et à la maturation en globules rouges. On y rencontre une grande quantité de globules blancs et les mêmes formes de transition que dans la pulpe splénique.

7. — STATIQUE DE LA NUTRITION.

On peut, en donnant à un animal une quantité déterminée d'aliments, compenser exactement les pertes de l'organisme et avoir alors l'équilibre parfait entre les entrées et les sorties, le gain et la perte. Chez l'homme, ce cas ne peut guère être réalisé expérimentalement, mais on peut très-bien le concevoir de vue théorique et l'on a pu ainsi, en se basant sur les données physiologiques, établir pour l'organisme humain dans des conditions moyennes le bilan exact de la recette et de la dépense. C'est ce bilan que présentent, pour 24 heures, les deux tableaux suivants empruntés à Vierordt. Le premier tableau donne en grammes le chiffre des différents aliments introduits dans l'organisme et de l'oxygène inspiré. Le second tableau donne les pertes de l'organisme par les poumons, la peau, l'urine et les excréments.

I. — ENTRÉES.

	Total.	Carbone.	Hydrogène.	Azote.
Oxygène inspiré.	744,1	—	—	—
Albuminoides.	120	64,18	8,60	18,88
Graisses.	90	70,20	10,26	—
Amidon.	330	146,82	20,33	—
Eau.	2818	—	—	—
Sels	32	—	—	—
	<hr/> 4134,1	<hr/> 281,20	<hr/> 39,19	<hr/> 18,88

II. — SORTIES (1).

	Total.	Eau.	Carbone.	Hydrogène.	Azote.	Oxygène.	Sels.
...	1229,9	330	248,8	—	7	651,15	—
...	669,8	660	2,6	—	—	7,2	—
...	1766,0	1700	{ 7,5 } { 2,3 } { 15,8 }	{ 1,0 }	{ — }	{ 9,1 }	{ 20 }
...	172,0	128	2	3,0	3,0	12,0	6
de l'or-	296,2	—	—	32,80	—	268,41	—
...	4134	2818	281	39,19	18,8	944,86	32

En fait, d'après le tableau des principes azotés sont aux principes non azotés dans le rapport 1 à 3 1/2.

Ce rapport est en effet à peu près conservé dans les rations alimentaires employées pour les adultes dans les différents pays. Le second tableau montre que la respiration élimine 32 p. 100, l'urine 17 p. 100, les fèces 4,5 p. 100, les autres produits éliminés.

Il est évident que prennent les différents organes et les différents tissus de l'organisme dans les phénomènes de nutrition n'a pu être faite d'une façon satisfaisante, et il a été jusqu'ici impossible de dresser pour chaque organe comme on l'a fait pour l'organisme entier, le bilan de la recette et de la dépense, c'est-à-dire la statique de la nutrition; on sait seulement que la nutrition est plus active dans certains organes que dans d'autres sans qu'on puisse cependant la formuler en chiffres.

Il est très important pour l'étude des actes nutritifs dans les différents organes de connaître le poids des organes et des tissus les plus importants du corps; voici ces poids, en grammes, d'après les recherches de Krause et E. Bischoff :

Les chiffres supérieurs placés entre accolades sur la ligne de l'urine sont aux éléments des principes azotés, les chiffres inférieurs, aux principes non azotés. Les 2966,2 d'eau formés dans l'organisme sont comptés à part pour faciliter la comparaison de l'eau ingérée avec l'eau éliminée.

Muscles et tendons.	35,158 ¹⁷	Vessie et pénis	5
Squelette frais	9,753	Pancréas	5
Peau et tissu adipeux.	7,414	Langue avec ses muscles	5
Sang	5,000	Larynx, trachée et bronches	5
Foie	1,856	Œsophage	5
Cerveau.	1,430	Parotides.	5
Leucons	1,200	Moelle épinière	5
Intestin grêle.	780	Testicules	5
Gros intestin	480	Glandes sous-maxillaires	5
Gros vaisseaux	361	Prostate	5
Reins.	292	Yeux	5
Cœur.	292	Glande thyroïde	5
Troncs nerveux.	290	Capsules surrénales	5
Rate	246	Thymus	5
Estomac	202	Glandes sublinguales	5

Il est très-rare que l'égalité indiquée plus haut entre les entrées et les sorties, de sorte qu'en réalité, même quand un animal a atteint sa croissance, le corps ne peut se maintenir *statu quo* et subit continuellement des variations, soit en moins, variations qui cependant, dans les conditions normales, ne sont jamais assez considérables pour que le poids augmente ou diminue d'une quantité notable. Les variations de cet équilibre entre les entrées et les sorties peuvent porter soit aux premières soit aux secondes. Si l'apport alimentaire est supérieur à la dépense, sans que cette augmentation soit compensée par une augmentation correspondante, le poids du corps augmentera et augmentera proportionnellement à l'excès de la recette sur la dépense. Si au contraire l'élimination s'accroît sans que la dépense soit compensée par une introduction suffisante d'aliments, l'organisme perd son poids et cette perte est en rapport avec le déficit qui existe entre les sorties et les entrées.

Enfin les variations, soit dans les entrées, soit dans les sorties, peuvent porter non pas seulement sur la totalité des entrées ou des sorties, mais exclusivement sur quelques-uns des éléments qui les composent. Ainsi, par exemple, il pourra y avoir un excès d'aliments comme dans l'obésité absolue ou bien un déficit, comme dans la famine, ou bien de priver un animal de toute alimentation, ou bien de lui enlever dans sa nourriture certains principes, tels que les vitamines, les sels, etc., en y conservant tous les autres. On aura dans ce cas des troubles particuliers aussi bien à étudier pour le physiologiste que pour le médecin.

Il sera de même pour les produits d'élimination; quoique nous ne puissions agir que d'une manière très-incomplète sur l'élimination des produits de déchet comparativement avec la nourriture, mais, en variant l'alimentation, nous pouvons, dans de certaines limites, diminuer ou augmenter l'intensité des diverses excrétions et arriver ainsi à des résultats physiologiques importants.

A. — INFLUENCE DE L'ALIMENTATION SUR LA NUTRITION.

1° *Inanition.*

Dans l'inanition (privation absolue d'aliments), la substance organique se détruit peu à peu; la désassimilation continue à faire dans les tissus et les organes et, pour réparer ces dégâts, ceux-ci ne peuvent s'adresser qu'au milieu intérieur, au sang; mais le sang cesse bientôt, faute d'alimentation, de fournir les principes nécessaires à leur réparation. Il arrive donc un moment où il n'y a plus que désassimilation sans assimilation correspondante; à partir de ce moment, les organes et les tissus perdent de leur poids, seulement cette perte de poids n'est pas la même pour les divers organes; elle se fait très-rapidement pour ceux où la nutrition est très-active, beaucoup moins pour ceux où la nutrition est très-lente. Cependant, deux conditions interviennent encore: d'une part la nature chimique même du tissu, d'autre part, la nature des principes réparateurs que le tissu doit prendre dans le sang. Ainsi la graisse, substance très-oxydable, disparaît la première dans l'organisme, d'autant plus que la faible proportion de graisse contenue dans le sang ne suffit pas à une réparation même incomplète du tissu adipeux. Les substances albuminoïdes, au contraire, perdront plus rapidement de leur poids, tant à cause de leur désassimilation plus lente qu'à cause de la provision d'albumine qu'ils contiennent dans le sérum sanguin. Le sang sera donc le premier à disparaître dans l'inanition, pourtant, à cause de sa fixité de composition, les proportions de ses divers principes constituants ne varieront pas autant qu'on pourrait le supposer au premier abord. La quantité, se concentre, perd de son albumine, tandis que la proportion relative de globules rouges et de fibrine ne varie

pas sensiblement; mais il y a diminution absolue du nombre des globules rouges. Parmi les organes et les tissus, ceux qui sont le siège de la réserve organique (voir page 341) sont atteints en premier par l'inanition; puis, quand cette réserve a disparu, les autres organes diminuent à leur tour. Les deux tableaux ci-dessous, empruntés à Chossat et à Voit, donnent la perte de poids subie par les différents organes à la fin de l'inanition.

	Chossat.	Voit.
Graisse	93,3	97,0
Sang.	75,0	27,0
Rate	71,4	66,7
Pancréas	64,1	50,0
Foie	52,0	53,7
Cœur.	44,8	32,6
Muscles.	42,3	30,5
Reins.	31,9	25,9
Os	16,7	13,9
Centres nerveux	1,9	9,2

En même temps, les sécrétions diminuent de quantité et deviennent plus concentrées; l'urine est fortement acide chez les herbivores, et la proportion de l'urée baisse d'abord puis plus lentement, jusqu'à la mort. Les échanges gazeux sont moins intenses, la proportion d'acide carbonique expiré devient plus faible ainsi que l'absorption d'oxygène. En même temps, les oxydations dans l'organisme portant alors sur la graisse, une partie de l'oxygène absorbé ne se retrouve sous forme d'acide carbonique. Ces troubles de la nutrition accompagnent de troubles correspondants dans la production des forces vives; la température s'abaisse et cet abaissement, d'après Chossat, de 0,3 degré par jour pour les animaux à sang chaud; l'activité musculaire perd peu à peu de son énergie. Cette faiblesse générale atteint bientôt le cœur et les muscles respirateurs; les respirations sont plus rares, le pouls faible et irrégulier. L'innervation, et surtout l'innervation cérébrale, est la moins atteinte; c'est, du moins, ce qui semble résulter du fait que les fonctions intellectuelles s'exercent presque jusqu'à la mort et que le cerveau est de tous les organes celui qui perd le moins de son poids. La mort dans l'inanition arrive au bout d'un temps variable, suivant les espèces animales et les conditions.

bles; chez l'homme, les chiffres donnés sont très-différents; il est difficile de préciser une moyenne: on cite des cas où la vie s'est prolongée jusqu'à trois semaines. Chez les grands et les petits mammifères la mort arrive, en général, au bout de neuf jours; elle est plus rapide chez les jeunes animaux d'autant plus lente que le corps est plus riche en graisse. Chez les animaux à sang froid, l'inanition peut être supportée pendant plus longtemps: ainsi, des salamandres et des renouilles peuvent vivre pendant six mois sans nourriture (1). On rapproche de l'inanition les phénomènes d'hibernation. Pendant l'hibernation, qui peut durer jusqu'à 163 jours, l'animal ne prend aucune nourriture; il est intéressant de rappeler les chiffres donnés plus haut et les chiffres ci-dessous, qui sont d'après Valentin, la perte de poids pour cent subie par différents organes à la fin de l'hibernation (marmotte).

Graisse.	99,31
Glande d'hibernation	68,78
Foie	58,74
Muscles.	30,00
Os.	11,69

Les reins et le cerveau la perte était presque insensible.

2° Alimentation insuffisante.

L'alimentation peut être insuffisante de deux façons: ou bien elle ne contient pas tous les aliments simples indispensables pour la vie de l'individu (eau, sels, albuminoïdes, hydrocarbonés), mais en quantité trop faible, ou bien l'un ou l'autre de ces aliments simples peut manquer complètement.

Dans le premier cas (*inanition*), les phénomènes se rap-

portent aux animaux à sang froid présentent, du reste, au point de vue de la vitalité de leurs propriétés de tissu, une vitalité beaucoup plus grande que les animaux à sang chaud. On a vu déjà que l'irritabilité musculaire et la sensibilité nerveuse subsistaient chez eux longtemps après la mort. L'expérience curieuse de Cohnheim démontre d'une manière très-nette la ténacité des propriétés vitales. Il injecte dans le système circulatoire d'une grenouille une solution de chlorure de sodium à 0,75 p. 100, et, bien que tout le sang de l'animal ait été entraîné par l'injection, l'animal continue à vivre pendant plusieurs jours comme une gre-

note.

prochent beaucoup de ceux de l'inanition proprement dite, leur intensité et leur rapidité d'apparition sont en rapport avec la quantité du déficit alimentaire. Cette inanition même se prolonger presque indéfiniment sans que soit la terminaison nécessaire, si, comme dans la malnutrition d'aliments, insuffisante pour développer dans l'organisme l'activité vitale, suffit cependant pour entretenir l'existence. Dans le second cas, quand un des aliments simples mentionnés vient à manquer complètement, et le cas ne se rencontre que dans des recherches expérimentales, il survient des phénomènes particuliers qui ont été étudiés par plusieurs physiologistes et surtout par Pettenkofer et Voit, phénomènes qui donnent des indications précieuses sur les actes intimes de la nutrition.

1° *Privation d'eau dans l'alimentation.* — La privation d'eau (boissons et eau des aliments solides) dans l'organisme d'un animal conduit bientôt à une inanition complète. Les fonctions ne tardent pas à s'arrêter, spécialement la sécrétion et l'élimination par la peau et les poumons paraissent anéanties, et enfin la mort arrive avec des accidents qui ont été décrits (voir page 359).

2° *Privation de sels dans l'alimentation.* — La privation absolue de sels dans l'alimentation amène des troubles graves dans l'organisme, troubles dont il a déjà été parlé à propos de la composition des aliments (p. 360). Quand la suppression, au lieu d'être limitée sur l'ensemble des principes minéraux, porte sur un seul principe (chlorure de sodium, potasse, etc.), les accidents sont moins graves, suivant le rôle alimentaire de chacun d'eux (voir p. 360).

3° *Privation d'albuminoïdes dans l'alimentation.* — Une alimentation composée exclusivement de graisse ou d'hydrocarbures, c'est-à-dire l'exclusion de tout principe azoté, ne peut suffire pour entretenir l'existence. Le fait le plus important, dans ce cas, est la diminution de l'urée, diminution plus marquée avec les hydrocarbures qu'avec la graisse. Cette diminution est due non-seulement à l'absence d'aliments azotés, mais à la désassimilation moins active des substances albumineuses de l'organisme. En effet, la quantité d'urée excrétée est moindre qu'elle ne le serait dans l'inanition pure et simple, parce que la nourriture introduite par l'alimentation a donc été détournée à une partie des oxydations internes et épargne d'autant la dégradation des principes azotés de l'organisme.

Privation d'aliments non azotés. — Chez les herbivores et omnivores, les aliments azotés, ingérés seuls et à l'exclusion des hydrocarbures et des graisses, ne peuvent suffire à l'existence, les organes digestifs n'étant pas disposés pour digérer et absorber la quantité d'albuminoïdes nécessaires pour l'entretien de la vie. Mais chez les carnivores il n'en est plus de même, et les albuminoïdes, à eux seuls, peuvent suffire, au moins pendant un certain temps, à condition qu'ils soient ingérés en quantités considérables. Ainsi Pettenkofer et Voit ont pu maintenir un chien de 35 kilogrammes dans le *status quo* pendant 49 jours, en lui donnant par jour 1,500 grammes de viande (dégraissée). Dans ces conditions, la quantité d'urée excrétée dépend de la quantité de viande ingérée et tout l'azote de l'alimentation, et tout l'azote de l'urée excrétée se retrouve sous forme d'urée dans l'urine. Quand on augmente encore la quantité de viande, il arrive un moment où l'animal engraisse ; l'azote de l'alimentation reste bien dans l'urine à l'état d'urée, mais il n'en est pas de même du carbone qui ne se retrouve pas intégralement dans l'urée et dans les produits de l'expiration : une partie du carbone ingéré a donc servi à la formation de la graisse.

Le tableau suivant donne une idée des recherches de Bischoff et Voit sur ce sujet et montre à quelles proportions peut monter, dans ces conditions, la production de l'urée. Les expériences ont été faites sur un chien ; les chiffres donnent les quantités en grammes pour vingt-quatre heures :

Viande ingérée.	Eau ingérée.	Quantité d'urine.	Quantité d'urée.	Changement de poids du corps.
0	185	194	12 — 15	— 462
176	0	266	20,8	405
300	0	318	32,6	335
600	0	457	49,0	206
900	0	643	67,8	— 126
1,200	0	819	88,6	— 12
1,500	0	996	109,0	—
1,800	198	1,150	100,5	+ 18
2,000	84	1,304	130,7	+ 142
2,200	0	1,411	154,8	+ 122
2,500	270	1,799	172,7	+ 284
2,660	0	1,677	181,4	+ 210
2,900	0	1,540	175,0	+ 440

On a souvent discuté la question de savoir si tout l'azote d'alimentation se retrouvait dans les excréments et dans l'urine, ou si une partie de cet azote manquait dans ces produits d'élimination. Dans le dernier cas, le *déficit d'azote* se retrouverait, soit dans les produits de l'expiration, soit dans la sueur et, dans certains cas, tiendrait à l'imperfection dans les moyens de recueillir l'urine et la question n'est pas encore tout à fait tranchée. Ce qu'il y a de certain, c'est que les chiffres donnés par Boussingault pour ce déficit étaient trop forts et qu'il ne dépasse guère 2 à 5 p. 100.

Parmi les substances albuminoïdes, il en est une, la gélatine, dont la valeur alimentaire a été très-controversée. Cependant, il est aujourd'hui que, *donnée seule*, elle ne peut suffire pour l'entretien et ne peut suppléer les autres principes azotés ; mais employée conjointement avec d'autres albuminoïdes, elle peut, en diminuant la proportion de ces derniers, d'arriver au même résultat. Ainsi, dans les expériences de C. Voit, un chien qui, avec un régime composé de 500 grammes de viande et 200 grammes de lard perdait 136 grammes de son poids, n'en perdait plus que 84 pour un régime composé de 300 grammes de viande, 200 grammes de lard et 100 grammes de gélatine, et n'en perdait plus que 32 si l'on ajoutait 200 grammes de gélatine au lieu de 100.

3° Alimentation mixte.

1° *Albuminoïdes et graisse*. — On a vu plus haut que, si l'on donne à un carnivore une alimentation exclusivement albuminoïde, on en faut une quantité considérable par jour ($\frac{1}{12}$ à $\frac{1}{10}$ du poids de l'animal) pour qu'il se maintienne dans le *statu quo*. Pour qu'il engraisse, on ajoute de la graisse à l'alimentation. Les résultats peuvent être obtenus avec une quantité trois fois plus petite d'albuminoïdes.

Le tableau suivant donne un résumé des recherches de V. Tenkofer sur cette question. Les expériences ont été faites sur des chiens de 30 kilogrammes environ. Les deux premières colonnes donnent les quantités de viande et de graisses ingérées par jour ; la troisième la quantité d'albuminoïdes de l'alimentation et de l'organisme ; la quatrième la quantité d'albuminoïdes gagnée (+) ou perdue (—) par le corps ; la cinquième la quantité de graisse détruite ; la sixième la quantité de graisse gagnée (—)

par l'organisme. Toutes ces quantités sont évaluées en :

II. Graisse ingérée.	III. Albumine détruite.	IV. Albumine du corps.	V. Graisse détruite.	VI. Graisse du corps.
200	449,7	— 49,7	159,4	+ 40,6
100	491,2	+ 8,8	66,0	+ 34,0
200	517,4	— 17,4	109,2	+ 90,8
350	635,0	+ 165,0	135,7	+ 214,3
30	1,457,2	+ 42,8	0	+ 32,4
60	1,500,6	— 0,6	20,6	+ 39,4
100	1,402,2	+ 97,8	8,8	+ 91,1
150	1,455,1	+ 41,8	14,3	+ 135,7

Il est évident que la seule de ce tableau montre de suite quelle influence de graisse à l'alimentation azotée exerce sur la désassimilation azotée et de la graisse et sur le gain de l'organisme par rapport à deux ordres de substances. Quant à l'interprétation théorique des résultats obtenus, elle est encore trop incertaine pour pouvoir être faite, et je ne puis que renvoyer aux mémoires originaux.

Il est constant dans l'addition de graisse à l'alimentation azotée, la diminution de l'urée. Cette diminution est très-sensible dans le cas où l'on ajoute de la graisse à l'alimentation azotée. Voir le tableau que Vierordt tire des expériences de Bischoff, Voit et autres, tableau qu'on peut rapprocher de celui de la page 507. Les quantités sont évaluées en grammes :

V viande ingérée.	Graisse ingérée.	Urée en 24 heures.	Changement de poids du corps.
150	250	15,6	— 16
400	200	31,3	—
500	250	31,7	+ 118
800	350	45,1	—
1,000	250	60,7	+ 218
1,500	250	98,3	+ 294
1,800	250	120,7	+ 215
1,800	350	93,0	—
2,000	350	135,7	—

Ammoniac et hydrocarbonés. — L'addition d'hydrocarbonés (sucre, etc.) à l'alimentation azotée a des effets différents, sur certains points, à ceux que produit l'addition de graisse.

La désassimilation des substances azotées est enrayée, celle de la graisse de l'organisme, et la production de chaleur se fait d'une façon plus marquée qu'avec la graisse.

Le tableau suivant, comparable à celui qui a été dressé pour le minotier et la graisse, donne les résultats obtenus par Petit et Voit :

I. Viande ingérée.	II. Hydro- carbonés ingérés.	III. Albumine détruite.	IV. Albumine du corps.	V. Graisse détruite.	VI. Graisse du corps.	VII. Hydro- carbonés détruits.
—	—	—	—	—	—	—
400	250	436	— 36	18	— 8	2
400	250	393	+ 7	25	— 25	2
400	400	413	— 13	—	+ 45	3
500	200	568	— 68	—	+ 25	1
500	200	537	— 37	—	+ 16	1
500	200	530	— 30	—	+ 14	1
800	450	608	+ 182	—	+ 69	3
1,500	200	1,475	+ 25	—	+ 47	1
1,800	450	1,469	+ 331	—	+ 122	3
2,500	0	2,512	+ 12	—	+ 57	

4° Alimentation exagérée.

Il y a alimentation exagérée quand la quantité d'aliments introduite dans l'organisme dépasse la quantité nécessaire pour couvrir les pertes de cet organisme. Cet accroissement de l'alimentation peut porter, du reste, soit sur l'ensemble des aliments alimentaires, soit sur quelques-uns seulement de ces aliments.

Dans l'alimentation en excès, il peut se présenter plusieurs cas :

1° Ou bien l'élimination augmente proportionnellement à la quantité de matériaux ingérés ; l'équilibre subsiste toujours entre les entrées et les sorties, et le corps ne perd ni ne gagne de poids ; c'est ce qui arrive, par exemple, quand un excès d'alimentation est compensé par un accroissement d'exercice musculaire ;

2° L'accroissement de l'élimination ne compense pas l'excès d'ingestion des matériaux de nutrition ingérés ; la désassimilation est inférieure à l'assimilation ; une partie des principes alimentaires est conservée dans l'organisme sans servir à la réparation des matériaux de déchet, et le corps augmente de poids ;

3° Enfin, les aliments ingérés peuvent dépasser la capacité digestive et la puissance d'absorption de l'organisme ;

des d'aliments ingérés se retrouve dans les excréments n'ait été modifié par la digestion. Il y a, en effet, pour un individu, une *limite maximum* de ration alimentaire qu'on ne peut dépasser sans amener des troubles correspondants dans la santé générale, et cette limite maximum varie pour chaque espèce d'aliments simples ; elle est facilement atteinte pour la graisse et les albuminoïdes, plus difficilement pour les sels et l'eau.

De la nutrition chez les herbivores et chez les carnivores.

Les recherches citées dans les paragraphes précédents et dont les résultats ont été donnés sous forme de tableaux, ont été faites toutes sur un carnivore, le chien, et quoique les actes de la nutrition soient, au fond, les mêmes chez les herbivores et chez les carnivores, il y a cependant chez les deux une répartition différente des *ingesta* et des *excreta*, qui ne puisse aboutir toujours de part et d'autre à l'équilibre des entrées et les sorties.

Le tableau suivant donne, d'après Boussingault, la balance des entrées et des sorties pour le cheval dans une période de vingt-quatre

	ENTRÉES.*	SORTIES		
		Par les fèces.	Par l'urine.	Par la perspiration.
...	17,364 ^{gr} ,7	10,725,0	1,028,0	5,611,7
...	3,938 ,0	1,361,7	108,7	2,465,0
...	446 ,5	179,8	11,5	255,0
...	3,209 ,2	1,328,8	34,1	1,846,1
...	139 ,4	77,6	37,8	24,0
...	672 ,2	574,6	109,9	— 123,0

La différence entre les herbivores et les carnivores est surtout évidente si on examine pour chacun d'eux combien, pour 100 grammes d'eau, de carbone, d'hydrogène, etc., introduites, il y en a qui sort par les excréments, l'urine et la perspiration. C'est ce que donne le tableau suivant pour un carnivore (chat) et pour un herbivore

ENTRÉES. Pour 100 parties.	SORTIES.				
	Par les excréments.		Par l'urine.		Par la perspiration.
	Cheval.	Chat.	Cheval.	Chat.	Cheval.
Eau.....	61,8 %	1,2 %	5,9 %	82,9 %	22,3 %
Carbone....	84,6	1,2	2,7	9,5	62,7
Hydrogène.	40,3	1,1	2,5	23,2	57,2
Azote.....	55,7	0,2	27,1	99,1	17,2
Oxygène...	41,4	0,2	1,0	4,1	57,6
Cendres....	{ 85,5	{ 92,9	{ 16,2	{ 7,1	—
Soufre.....		{ 50,0		{ 50,0	

La première conclusion à tirer de ce tableau c'est que, chez les herbivores, comme le montre la colonne des excréments, il n'y a que 45 p. 100 des aliments introduits qui soient absorbés, ce qui dépend de la constitution même et à la nature des substances qui entrent dans leur alimentation et qui contiennent une grande proportion de principes réfractaires. Un autre fait, c'est l'importance de l'urine, comme voie d'élimination, chez les carnivores. On va rechercher quelle est la proportion de principes assimilés éliminés par l'urine et par la perspiration chez les herbivores et les carnivores. On trouve les chiffres suivants :

PRINCIPES ASSIMILÉS pour 100 parties.	ÉLIMINATION par l'urine.		ÉLIMINATION par la perspiration.
	Cheval.	Chat.	Cheval.
Eau.	12,8 %	83,9 %	87,2 %
Carbone. ?	4,3	9,6	95,7
Hydrogène.	4,2	23,4	95,8
Azote.	61,2	99,2	38,8
Oxygène.	1,7	4,2	98,3

La nutrition chez les omnivores sera, à priori, intermédiaire entre celle des herbivores et des carnivores, et plus ou moins rapprochée de l'une ou des autres, suivant la prédominance des substances végétales ou animales dans l'alimentation.

B. — INFLUENCE DU MOUVEMENT MUSCULAIRE SUR LA NUTRITION.

On a vu déjà, à propos de la théorie de la nutrition musculaire (voir page 279), que deux opinions principales se sont élevées sur les phénomènes chimiques qui se passent dans les muscles pendant leur contraction. Suivant les uns, les muscles emploieraient des matériaux azotés; suivant d'autres, au contraire, ils utiliseraient des matériaux carbonés.

rioux non azotés. La seule manière de résoudre la question est d'analyser les produits de désassimilation fournis pendant et pendant le travail musculaire, et de voir, d'après leur augmentation, sur quels principes de l'organisme la désassimilation a porté. Malheureusement, les obtenus par les physiologistes sont loin de concorder, qu'il est difficile d'arriver à une solution positive et satisfaisante.

Principes de désassimilation les plus importants sont, pour les azotés, l'urée et l'acide urique; pour les non azotés, l'acide carbonique et l'eau.

Maintenant, si on rassemble les recherches des différents expérimentateurs, on arrive à cette conclusion que, pendant le travail musculaire, tous les produits de désassimilation, azotés et non azotés, sont augmentés, mais les derniers (acide carbonique et l'eau) en une bien plus forte proportion que l'urée. On pourrait proposer d'après cela que, pendant le travail musculaire, les azotés et non azotés prennent part à la désassimilation, mais que cette part est beaucoup plus forte pour les non azotés. Le muscle consommerait donc, dans son travail, des principes non azotés, et nous avons vu, en effet, dans le chapitre de la glycogénie, qu'il est aujourd'hui devenu probable que le sucre formé dans le foie va fournir les matériaux à la contraction musculaire, sans cependant vouloir nier l'action directe du tissu musculaire lui-même dans une certaine mesure.

Comme, qui avait défendu l'origine azotée de la contraction musculaire, avait classé les aliments, d'après sa théorie, en aliments respiratoires (graisse et hydrocarbonés) qui, par leur combustion, produisaient la chaleur animale, et aliments plastiques (albuminoïdes) qui servaient à la constitution des tissus pour la production du travail musculaire. Mais cette opinion n'est plus tenable aujourd'hui, pas plus que la division des aliments en trophogènes et dynamogènes. En effet, comme on le verra dans le chapitre de la chaleur produite, la chaleur produite augmente en même temps que le travail musculaire, et les deux effets doivent donc être rapportés à la même cause, à l'emploi des mêmes substances et des principes azotés en première ligne.

Maintenant, si la plus grande partie du travail produit dans le muscle musculaire doit être rapportée à la combustion (?) de ces principes azotés.

substances non azotées, il n'en est pas moins certain que la contraction s'accompagne aussi, surtout quand elle atteint certaines limites, d'une usure de substances azotées et même d'une usure du tissu musculaire lui-même, ce qui prouve la nécessité de faire intervenir dans l'alimentation une certaine proportion d'albuminoïdes, proportion qui doit être plus forte dans le travail que dans le repos.

Voici un résumé des recherches de Fick et de Vislicénus sur cette question, recherches si souvent citées et qui ont contribué beaucoup à renverser les idées de Liebig sur ce sujet.

Ces deux observateurs firent l'ascension du Faulhorn, en 1858, pendant 31 heures. Dans les 17 heures qui précédèrent l'ascension, ils ne mangèrent que du pain et du lait, et pendant 31 heures ils ne mangèrent que du pain, du lard, de l'amidon et du sucre. L'urine fut examinée avant l'ascension (urine de la nuit), pendant l'ascension, pendant les 6 heures qui suivirent, et pendant la nuit passée sur la montagne, après un repas de viande. Ils constatèrent que la quantité de travail accompli dans l'ascension ne pouvait être couverte par la combustion des substances azotées, et que plus des deux tiers avaient été produits par des substances non azotées. Le tableau suivant donne le détail de l'expérience :

	Urine.	Urée.	Azote de l'urée.	Azote total.	Albumi- noïdes oxydés.	Albumine oxydée pendant l'ascen- sion.	Kilogram- mètres correspondant à cette albumine.
	—	—	—	—	—	—	—
FICK. 66 kilos.	De la 1 ^{re} nuit.	12,4820	5,8249	6,9153	46,1020	—	—
	De l'ascension.	7,0330	3,2681	3,3130	22,0867	37,17	106,250
	Du repos.....	5,1718	2,4151	2,4293	16,1953		
	De la 2 ^e nuit..	—	—	4,1867	32,1113	—	—
VISLICÉ- NUS. 76 kilos.	De la 1 ^{re} nuit..	11,7614	5,4887	6,6841	44,5807	—	—
	De l'ascension.	6,6973	3,1254	3,1336	20,8307	37,00	105,283
	Du repos.....	5,1020	2,3809	2,4163	16,1100		
	De la 2 ^e nuit...	—	—	5,3462	26,6413	—	—

La hauteur du Faulhorn est de 1,956 mètres; le travail pour Fick de $66 \times 1956 = 129,096$ kilogrammètres, et de $76 \times 1956 = 148,656$ kilogrammètres pour Vislicénus; mais il faut ajouter le travail produit par le cœur et les muscles respiratoires, ce qui donne à peu près le chiffre total des kilogrammètres produits pendant l'ascension.

8. — ASSIMILATION.

La formation des éléments anatomiques et des tissus est intimement liée à la connaissance de leur structure.

trouver place que dans les traités d'histologie proprement dits. Il ne s'agira ici que de la formation des principes immédiats de nos tissus, c'est-à-dire de la façon dont les diverses classes d'aliments simples que nous ingérons arrivent à être assimilés et à entrer dans la constitution de l'organisme.

Les principes immédiats de nos tissus peuvent, abstraction faite de l'eau et des principes minéraux, se diviser en trois classes qui correspondent en réalité aux trois groupes principaux d'aliments simples, albuminoïdes, azotés, hydrocarbonés. La question des hydrocarbonés dans la formation et de la présence dans l'organisme ayant été déjà traitée dans le chapitre de la glycogène, il ne reste donc à étudier que l'origine des albuminoïdes et azotés.

Origine des albuminoïdes de l'organisme.

Les albuminoïdes de l'organisme proviennent exclusivement d'aliments azotés; d'après la théorie courante, ces aliments sont transformés en peptones avant d'être assimilés, passent à l'état de peptones dans le sang et s'y transforment, d'une façon encore inconnue, en albumine du serum. Une autre théorie basée sur des expériences récentes, a cependant été formulée par Fick dans ces derniers temps. On a vu plus haut (page 408) que, d'après les recherches de Brücke et de quelques autres physiologistes, une partie de l'albumine de l'alimentation pouvait être absorbée à l'état d'albumine sans passer par la transformation en peptones. D'après Fick, c'est l'albumine ainsi absorbée directement qui servirait seule à la réparation des tissus et à la formation des substances albuminoïdes de l'organisme. Les peptones, au contraire, une fois arrivées dans le sang, n'entrent pas dans la constitution des tissus et seraient détruites dans le sang en donnant par leur doublement des produits azotés (urée) et des produits non azotés qui sont peut-être les matériaux d'oxydation employés dans les muscles et dans d'autres organes. Si, en effet, on injecte des peptones dans les veines d'un animal, on en retrouve, au bout de quelques heures, l'azote dans l'urine, et, suivant Goldstein (mais les expériences sont trop peu nombreuses et peu concluantes), après l'écoulement des reins, avec injection de peptones, l'urée s'ac-

les substances albuminoïdes des tissus, myosine, kératine, glutine, etc. ; mais la façon dont s'opère cette transformation nous est complètement inconnue. La chimie physiologique apprend qu'on peut passer, par transitions insensibles, d'une albumine soluble à l'albumine solide, et que le degré de solubilité et de solidité de la substance paraît tenir, pour une même substance, à la proportion des sels qu'elle contient, elle nous apprend que dans la kératine, l'élastine, la glutine, les proportions de carbone et d'azote, sont différentes de celles qui existent dans les albuminoïdes proprement dits, mais jusqu'ici on n'a pas parvenue à reproduire artificiellement, à l'aide d'un sérum, une seule de ces substances. Rochleder a obtenu de la chondrine en chauffant de l'albumine avec l'air avec l'acide chlorhydrique, mais le produit obtenu n'est pas de la chondrine véritable.

Nous ne sommes guère plus avancés sur la formation de l'hémoglobine. Cependant Preyer, Heynsius, Munnich, ont obtenu des cristaux d'oxyhémoglobine avec de l'hématine et un alcalin sous l'influence d'une action oxydante ensemencée. Une nourriture azotée augmente la quantité d'hémoglobine, elle diminue par une alimentation grasse ou hyaline (Subbotin.).

2° Origine de la graisse de l'organisme.

Il nous étudier spécialement à ce point de vue les graisses, hydrocarbonés et les albuminoïdes.

Graisses. La graisse de l'alimentation contribue évidemment à la formation de la graisse des organes et des tissus. Il ne saurait y avoir de doute à ce sujet, et même en admettant qu'une partie de cette graisse soit directement oxydée sans entrer dans la constitution des tissus, l'excès de la graisse ingérée s'accumule toujours dans l'organisme. Seulement les formes intermédiaires par lesquelles passent la graisse absorbée en nature et la graisse absorbée à l'état de savons pour aller se déposer dans divers points anatomiques, nous sont absolument inconnues.

Chez les carnivores, la graisse de l'alimentation suffit pour constituer la graisse de l'organisme; mais chez les herbivores (et même les carnivores qui engraisent), il n'en est pas ainsi, et il y a toute nécessité qu'une partie de la graisse du corps provienne des autres groupes d'aliments simples.

Hydrocarbonés. Plusieurs faits parlent en faveur de la production de la graisse aux dépens des hydrocarbonés, théorie soutenue surtout par Liebig. Les carnivores maigres engraisent si on ajoute des hydrocarbonés à leur alimentation; les abeilles, qui ont une nourriture presque exclusivement sucrée, produisent de la cire, corps très-rapproché des corps gras, et on observe l'action engraisante de la bière, qui est très-riche en hydrocarbonés. D'après Liebig, une partie des hydrocarbonés de l'alimentation serait oxydée, l'autre partie serait transformée en graisse.

Il y a cependant plusieurs objections à faire à cette théorie. D'abord, ni dans l'organisme, ni en dehors de l'organisme, on n'observe cette transformation directe des hydrocarbonés en graisse. Ensuite, même au point de vue chimique, les deux groupes de corps n'ont pas un certain nombre de réactions de décomposition communes, acides acétique, butyrique, alcool, eau, etc., il est difficile de concevoir comment on se fait cette transformation, comme on peut s'en assurer par l'examen des formules des deux corps (pages 200 et 201). D'un autre côté, les hydrocarbonés, pris seuls, diminuent au lieu de l'augmenter, et si les abeilles, par exemple, ne produisent pas de la cire avec une alimentation sucrée, c'est qu'elles ont besoin en même temps des albuminoïdes; car si ces albuminoïdes manquaient à leur nourriture, la production de cire s'arrêterait. On peut expliquer alors l'influence, incontestable cependant,

ralement acceptée par les physiologistes. Des faits assez nombreux parlent en faveur de cette hypothèse. les cadavres, le *gras de cadavre* ou *adipoçire*, constitué par de l'acide palmitique, provient évidemment de la décomposition des albuminoïdes des tissus. Blondeau a vu dans le fromage de Roquefort une formation de graisse aux dépens de la caséine, et Kemmerich a vu la même transformation s'opérer dans le lait sorti de la glande et exposé à l'air. Chez les animaux en lactation, c'est un fait aujourd'hui positif que l'alimentation azotée augmente la quantité du lait, tandis qu'elle diminue par une alimentation amyliacée. On a voulu encore citer, à l'appui de la transformation des albuminoïdes en graisse, ce fait que des cristaux de substances azotées, introduits dans la cavité péritonéale, entraînaient la dégénérescence graisseuse; mais des expériences plus récentes ont montré qu'il y avait là un mécanisme tout différent de genre et que c'était une simple infiltration graisseuse qu'on observait aussi quand on plaçait dans le ventre des animaux des morceaux de bois poreux ou de moelle de sureau. Quoi qu'il en soit, la formation de graisse aux dépens des albuminoïdes est aujourd'hui parfaitement démontrée, et les faits cités plus haut sont très-probablement que cette transformation se produit physiquement dans l'organisme. Pettenkofer et Voit ont vu qu'avec une alimentation de viande tout l'azote reparait dans les excréments, tandis qu'il n'en est pas de même du carbone, qui est en partie dans l'organisme pour entrer probablement dans la formation

une question à résoudre, celle de savoir si ce dédoublement porte sur les albuminoïdes des tissus ou sur ceux de l'alimentation; mais cette question paraît actuellement insoluble.

Après tout ce qui précède, la question de l'engraissement est envisagée de la façon suivante. Il y a deux sources de production de la graisse dans l'organisme: 1° la graisse alimentaire; 2° les substances albuminoïdes de l'alimentation (directement ou indirectement). La production de graisse à partir des albuminoïdes est soumise à l'influence immédiate d'une cause nouvelle, des plus importantes, au point de vue pratique. La graisse ainsi formée est très oxydable et serait détruite, à mesure de sa formation, par les combustions internes, si une puissance n'intervenait pour empêcher cette oxydation. Ici que se place le rôle des hydrocarbonés; ils détournent l'oxygène et, par leur oxydation, épargnent l'oxygène à la graisse nouvellement formée qui alors s'accumule dans les tissus. Tout ce qui diminue les oxydations internes, l'exercice, certaines affections respiratoires, agira aussi dans ce sens et favorisera la production de la graisse.

Il est facile, avec ces données, de se rendre compte des causes de l'obésité et des moyens physiologiques à employer pour y remédier; les trois indications capitales sont les suivantes: 1° supprimer la graisse de l'alimentation; 2° activer les combustions internes, principalement par l'exercice musculaire; 3° fournir à l'oxygène du sang des aliments trop oxydables, afin que cet oxygène s'empare, au fur et à mesure, de la graisse formée par le dédoublement des albuminoïdes, et pour éviter autant que possible de l'alimentation les aliments hydrocarbonés. Tels sont, en effet, les points principaux du régime de Manning, dû à W. Harvey, régime qui a fait tant de bruit ces derniers temps.

2. — DÉSASSIMILATION

La désassimilation porte sur tous les tissus et tous les organes, mais elle n'y prennent pas une part aussi active les uns que les autres. Dans cette désassimilation, les divers groupes de principes immédiats de l'organisme, albuminoïdes, hydrocarbonés,

en produits azotés, produits non azotés et sels, qu'on cherche pour chacun d'eux son origine et son mode de formation.

1° *Produits de désassimilation azotés*

A. MATIÈRES COLORANTES. — 1° *Matières colorantes biliaires*. — La *bilirubine*, $C^{16}H^{14}Az^2O^3$, paraît provenir d'une décomposition de l'hémoglobine des globules rouges. Ce qui le prouve d'abord, c'est l'identité, à peu près sinon tout à fait absolue, avec l'hémoglobine rencontrée dans les extravasations sanguines et dont la matière colorante du sang ne peut être mise en doute. Ce qui amène la destruction de l'hémoglobine du sang, c'est dans l'urine la matière colorante biliaire (injection de bile dans le sang, injection d'acides biliaires; on sait que les acides ont la propriété de détruire les globules sanguins). L'injection de bile dans le sang produirait le même effet; pourtant le fait n'est confirmé par Naunyn et Steiner. Cependant, jusqu'ici on n'a pu réaliser artificiellement cette transformation d'hémoglobine en bilirubine en dehors de l'organisme.

Quant au lieu de cette transformation dans l'organisme, deux opinions sont en présence: les uns admettent qu'elle a lieu dans les cellules du foie, les autres dans le sang.

La formation dans le foie paraît plus probable. En effet, on trouve cette matière colorante dans l'intérieur des cellules hépatiques. On trouve dans le foie lui-même et dans les cellules hépatiques les conditions nécessaires à la destruction de l'hémoglobine, c'est-à-dire la présence des acides biliaires. Une seule difficulté existe, c'est que la bilirubine n'est pas trouvée dans le sang.

l'origine hématogène de la bilirubine est plus controversée, et les tentatives pour décider cette question sont très-contradictoires. D'après quelques auteurs, l'hémoglobine, une fois passée des globules du sérum sanguin, se transformerait immédiatement en bilirubine; mais Naunyn, en injectant dans le tissu cellulaire sous-cutané ou dans le sang une solution d'hémoglobine, n'a pas retrouvé la bilirubine dans l'urine et n'a pu y constater que la présence de la matière colorée du sang. Il est vrai que Tarchanoff, dans des expériences nombreuses, est arrivé à des résultats opposés. Selon de Frerichs, qui faisait passer la bilirubine d'une transformation en acides biliaires, ne peut pas soutenir aujourd'hui. Une question ne puisse encore être terminée, c'est que, dans les cas où la bilirubine est incolore, on constate la présence des acides biliaires. (Ritter.) L'uroverdine, $C^{14}H^{10}Az^2O^3$, n'est qu'un produit d'oxydation de la bilirubine.

Matières colorantes de l'urine. — Ces matières colorantes sont la urobiline et l'indican.

Urobiline, $C^{12}H^{10}Az^2O^3$, ou *hydrobilirubine*, est un produit de réduction de la bilirubine. R. Maury a transformé artificiellement la bilirubine en urobiline par l'action de l'hydrogène à l'état naissant.



Cette transformation a lieu dans l'intestin; l'urobiline ainsi formée absorbée, passe dans le sang dans le sérum duquel on peut la retrouver par l'analyse spectrale et de là dans l'urine.

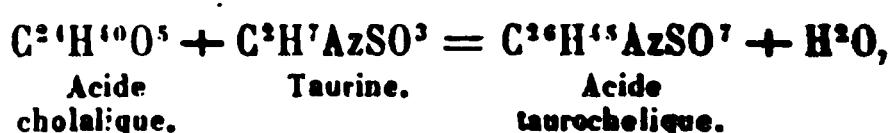
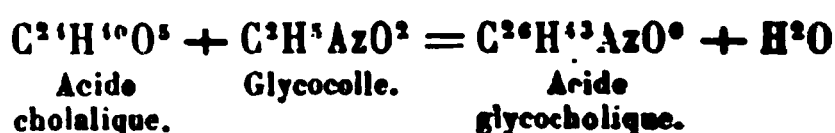
Indican, $C^{14}H^{11}AzO^3$, ou *uroxanthine*, ne provient pas de la matière colorée du sang, comme on l'avait d'abord supposé, mais il provient de l'indol, C^8H^7Az , que nous avons vu se former dans l'intestin sous l'action du suc pancréatique. En effet, Jaffé a vu l'indican apparaître dans l'urine à la suite d'injections sous-cutanées d'indol. L'indol est absorbé dans l'intestin et transformé en indican en se unissant avec un élément à une substance du groupe des sucres.

Il est possible que l'indican provienne aussi, pour une certaine quantité, des substances aromatiques. Kleizinsky a constaté l'apparition de l'indican dans les urines après l'ingestion d'essences d'amandes amères et de créosote.

Uroérythrine, qu'on trouve quelquefois dans les urines et dans les sédiments urinaires auxquels elle donne leur couleur rouge, provient de la matière colorante du sang.

ACIDES BILIAIRES. — Les acides biliaires sont probablement formés à partir d'un acide non azoté, l'acide cholalique, $C^{14}H^{10}O^3$, avec

deux substances azotées, la glycocole, $C^2H^3AzO^2$, et l' $C^2H^7AzSO^3$, comme l'indiquent les équations suivantes :



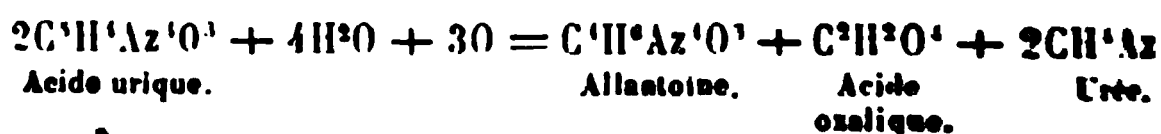
L'endroit où ces substances s'unissent avec l'acide chola former les acides biliaires paraît être le foie, et les cellules sont probablement les agents de cette combinaison. Mais c où se produisent ces divers facteurs des acides biliaires?

La glycocole et la taurine ont sans doute leur origine foie, sans qu'on puisse préciser exactement leur mode de Toutes les deux semblent provenir d'un dédoublement des albuminoïdes. Certains faits, surtout pathologiques, tendraient admettre que la taurine proviendrait de la cystine. C Après l'ingestion de taurine, une partie de cette substance inaltérée dans l'urine; l'autre est en partie décomposée et trouve dans l'urine à l'état de sel un acide sulfuré et a la formule $C^3H^8Az^2SO^4$.

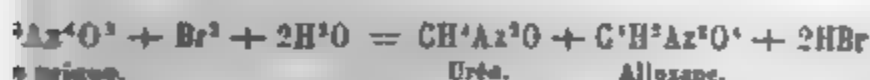
C. URÉE, CH^4Az^2O . — L'urée provient évidemment de la décomposition des albuminoïdes; mais la question est de savoir si la partie de l'urée provient des albuminoïdes des tissus ou si elle est une mine des aliments passée dans le sang (*albumine circulante*). On a même vu plus haut que, d'après Fick, la plus grande partie de l'urée devrait être rapportée aux peptones absorbées dans l'intestintation.

Mais l'urée ne dérive pas immédiatement de l'albumine; entre les deux il y a toute une série de produits intermédiaires, de transformations successives, et la difficulté est précisément de saisir ces transformations et de déterminer parmi les principes de l'urée et de l'azotisation azotés quels sont ceux qui sont les prédécesseurs immédiats.

Autrefois, on plaçait en première ligne l'acide urique. Les expériences chimiques semblent en effet favorables à cette opinion. L'urée est un produit de décomposition de l'acide urique. Ainsi cet acide avec l'oxyde de plomb donne de l'allantoïne, de l'acide oxalique, du carbonate et de l'urée.



et bromée, l'acide urique se transforme en urée et alloxane :

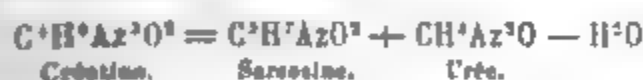


et à son tour se transforme en urée et acide carbonique :



et on le transforme directement en urée et acide carbonique. Les faits chimiques viennent s'ajouter des faits physiologiques. Si d'acide urique, on son injection dans les veines, augmente la d'urée de l'urine en même temps que l'oxalate de chaux et chez le lapin, augmente également la quantité d'urée. Mais, malgré toutes ces raisons, il est très-probable qu'il n'y a pas production de l'acide urique et de l'urée, la liaison supposée n'est pas. Après une alimentation très-très-abondante, suivie d'un jeûne absolu, la quantité d'urée augmente considérablement, celle d'acide urique très-peu, et cependant la théorie ordinaire était l'inverse qui devrait avoir lieu, et l'excès d'aliments azotés dans des conditions peu favorables à une oxydation énergique devrait produire au contraire une augmentation très-faible d'acide urique. Si cet acide urique existe surtout dans les urines des animaux chez lesquels les combustions internes sont très-lentes, comme chez les reptiles et les poissons, et même chez les oiseaux dont l'activité respiratoire dépasse celle des mammifères. De ces faits on peut conclure que les origines de l'urée et de l'acide urique sont différentes, et que, si les deux sont produits de désassimilation de matériaux azotés, le lieu de cette désassimilation doit être cherché dans des points différents de l'organisme.

Il vient d'être dit de l'acide urique peut se dire aussi des autres produits qu'on considère en général comme les prédecesseurs de l'urée, et en particulier de la créatine. La aussi des raisons chimiques peuvent faire admettre cette opinion. La créatine, en effet, peut se transformer en sarcosine et en urée :



La créatine se rencontre surtout dans les muscles, dans lesquels on ne trouve pas d'urée à l'état normal, et si l'urée provenait de la créatine, il faudrait, pour donner les 35 grammes d'urée éliminée par l'urine, qu'il se formât dans les muscles près de 60 grammes

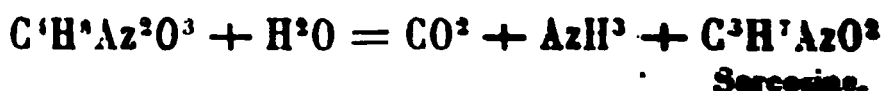
D'après les recherches récentes de Schultzen et Nen formerait aux dépens de la glyocolle, de la leucine et de la tyrosine. En effet, l'ingestion de glyocolle augmente d'urée. La glyocolle, la leucine, la tyrosine, représentent des acides (voir page 198), dont le dérivé cyanique CHAzO s'unit à l'ammoniaque dérivée d'un autre corps azoté encore inconnu pour former l'urée.



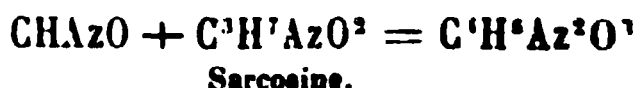
CHAzO n'est autre chose que l'amide monoammoniacal d'acide carbonique, comme le montre l'équation suivante :



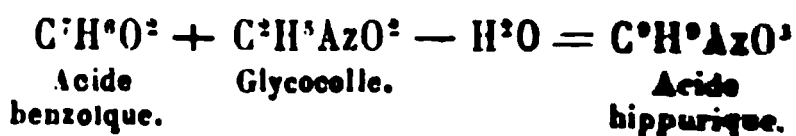
Schultzen a vu aussi que si on fait ingérer à un animal une certaine quantité de $\text{C}^3\text{H}^1\text{AzO}^2$ en quantité telle que son azote corresponde à l'azote éliminé à l'état normal par l'urée, on ne trouve pas d'urée dans l'urine, mais une série d'autres corps et, par exemple, la sarcosine, qui a pour formule $\text{C}^1\text{H}^1\text{Az}^2\text{O}^3$ et qui se décompose, en présence de l'eau, en acide carbonique, ammoniaque et sarcosine, d'après l'équation suivante :



Il est donc probable que la sarcosine ingérée s'unit à l'acide carbonique pour former le corps mentionné plus haut et empêche par conséquent l'ammoniaque de s'unir à CHAzO pour former de l'urée. La production d'urée a lieu d'après l'équation suivante :



On peut encore empêcher d'une autre façon la formation d'urée dans l'organisme, en faisant ingérer un acide aromatique, par exemple, qui s'empare de la glyocolle pour former l'acide hippurique, d'après l'équation suivante :



et empêche par suite cette glyocolle de contribuer à la production d'urée. On enlève ainsi un des deux facteurs de l'urée, et d'urée diminue comme l'a vu Meissner.

proviennent maintenant les matériaux azotés qui donnent lieu à la formation d'urée? Où se forme cette substance? Dans quels tissus, dans quels organes? C'est ce qui nous reste à examiner.

Longtemps discuté la question de savoir si l'urée était formée dans le rein. Mais il est à peu près démontré aujourd'hui que l'urée ou la plus grande partie de l'urée ne se forme pas dans le rein; la veine rénale contient moins d'urée que celui de l'artère (Gréhant); après l'extirpation des reins, l'urée s'accumule dans le sang; d'après les expériences de Voit, Meissner, Gréhant, et, quoique quelques recherches de Zalesky et de quelques autres auteurs aient donné des résultats contraires, le fait n'en paraît pas moins constaté aujourd'hui; cependant Hoppe-Seyler semble admettre encore la production d'urée dans le rein (voir aussi: Sécherre, *Urinale*).

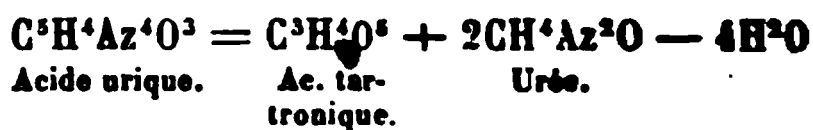
Meissner, qui soutient une théorie déjà émise par Heynsius, admet que l'urée se formerait principalement dans le foie; le foie contient en effet une assez forte proportion d'urée; si, à l'exemple de Voit, on fait passer un courant de sang à travers le foie, ce sang contient plus d'urée, tandis que la quantité d'urée du foie diminue, et on a répété avec le même résultat l'expérience de Cyon. Meissner admet aussi sur ce fait que, dans l'atrophie aiguë du foie, l'urée diminue dans l'urine. Mais, d'après Hüppert, Beneke et Meissner lui-même, cette urée ne se produirait pas aux dépens du tissu même du foie, mais aux dépens des globules rouges; sa formation serait liée à la destruction de ces globules et il y aurait alors un lien intime entre la formation de la bilirubine, de la substance glycogène et de l'urée.

Il ne paraît cependant pas être le seul endroit où puisse se former l'urée; la rate, les poumons, le cerveau, en contiennent aussi une certaine proportion, et la présence dans ces deux organes des corps gras tendent à donner naissance à l'urée, amides acides d'une part, leucine et la tyrosine, facteurs ammoniacaux, d'autre part, la lécithine, tendent à y faire admettre aussi la production d'urée; mais qu'on puisse dire si les globules sanguins y participent

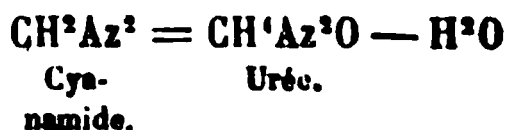
par cet exposé que nos connaissances sur la formation de l'urée sont encore très-insuffisantes et très-incertaines; le seul fait qui me semble ressortir de tous ces faits, et il a une grande importance, c'est que l'urée est en rapport intime avec la désassimilation albuminoïdes du sang, du foie et peut-être de quelques autres organes, comme la rate, le cerveau, etc., mais n'a aucun rapport avec la contraction musculaire. Les produits azotés de cette désassimilation musculaire sont tout autres, comme on le verra plus loin.

UR, $C^2H^4Az^2O^2$. — L'acide urique peut être considéré

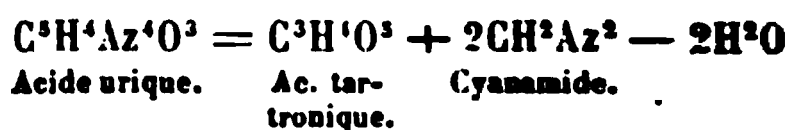
comme un amide biammoniacal de l'acide tartronique ou oxydans lequel l'urée remplace l'ammoniaque :



On peut encore le considérer comme un cyanamide de l'acide urique. Le cyanamide = de l'urée moins un équivalent d'eau



La formule suivante représenterait alors la constitution urique :



L'origine et la formation de l'acide urique sont encore plus incertaines que celles de l'urée. Au point de vue chimique, il y a des relations très-étroites entre l'acide urique et quelques produits azotés, comme le montre la seule inspection des formules suivantes :

Guanine	$\text{C}^5\text{H}^5\text{Az}^3\text{O}$
Sarcine	$\text{C}^3\text{H}^4\text{Az}^4\text{O}$
Xanthine	$\text{C}^5\text{H}^4\text{Az}^4\text{O}^3$
Acide urique	$\text{C}^5\text{H}^4\text{Az}^4\text{O}^3$

La guanine et la sarcine, par l'action de l'acide nitrique, se transforment en xanthine, et si on n'a pu encore obtenir la transformation de la xanthine en acide urique, Strecker et Rheineck ont pu, par réduction, la transformation inverse, et d'ailleurs les produits de la position de la xanthine sont les mêmes que pour l'acide urique. Ces différents corps se rencontrent dans les glandes (foie, pancréas, rate, le thymus, les muscles (sarcine, xanthine), de sorte qu'on a porté à voir dans ces divers organes le lieu d'origine de l'acide urique et en effet Meissner en a placé le siège principal dans le foie des oiseaux et les reptiles, tandis qu'il formerait de l'urée chez les mammifères. Ranke le fait provenir de la rate, et se base sur ce que la quinine, à fortes doses, diminue la quantité d'acide urique; l'extirpation de la rate ne fait baisser en rien la proportion d'acide urique de l'urine (Cl. Bernard). D'autres auteurs, se basant sur des faits pathologiques, ont rattaché sa production à la désassimilation des globules blancs (augmentation d'acide urique dans la leucémie).

connectifs (dépôts uratiques de la goutte). Mais il n'y a là en rien de certain.

Il n'est guère possible non plus de placer dans le rein l'origine de l'acide urique. Zaleski a cherché à soutenir cette opinion par une série d'expériences sur les oiseaux et les reptiles. Après la ligature de l'uretère, il a observé la formation des dépôts d'acide urique dans le rein et dans d'autres parties du corps, tandis qu'après la néphrotomie ces dépôts sont très-peu nombreux. En outre, d'après lui, on ne trouverait pas d'acide urique dans le rein de ces animaux à l'état normal. Mais Meissner a montré que cet acide y existe en réalité, seulement il faut prendre des quantités plus considérables que celles qu'avait essayées Zaleski, et l'analyse chimique est très-délicate. Pawlinoff, d'autre part, a constaté qu'après la ligature des vaisseaux du rein, les dépôts d'acide urique cessent de se faire dans les autres organes et que le rein en est tout rempli, preuve certaine que le rein n'est pas le lieu de formation de l'acide urique et ne sert qu'à éliminer cet acide à mesure qu'il lui est apporté par le sang.

Il est même impossible de dire, comme on l'a vu plus haut, s'il existe une relation entre l'urée et l'acide urique, si l'acide urique n'est qu'un produit d'oxydation intermédiaire de l'urée, et si les deux proviennent de la désassimilation des mêmes tissus. On a vu que la glyco-colle est un des facteurs principaux de l'urée; or il est remarquable que la glyco-colle a pu être obtenue artificiellement par Schultzen et par Berthel en traitant l'acide urique par l'acide sulfurique concentré, et il n'y a là aucune raison pour faire de l'acide urique un des prédecesseurs de l'urée, si les faits déjà cités n'indiquaient que les deux produits n'ont qu'une même source.

Chez les oiseaux et les reptiles, l'acide urique est le principal produit de la désassimilation des matières azotées, sans que jusqu'ici on ait l'explication réelle de ce fait qui rapproche deux classes d'êtres dont les uns se distinguent par l'activité, les autres par la lenteur de leurs oxydations. Il y a donc dans la formation de l'acide urique plusieurs facteurs. La lenteur des oxydations, comme on le voit chez les reptiles ou, dans certains cas pathologiques, chez les mammifères, est un de ces facteurs, mais il n'est pas le seul et les autres nous échappent jus-

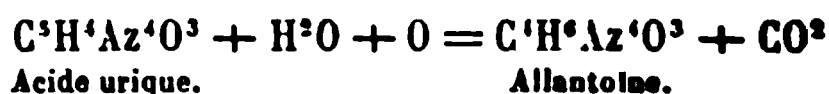
qu'à présent. On a vu chez des poulets l'ingestion de la sarcosine empêcher la formation de l'acide urique qui se trouve remplacé alors par des produits plus solubles. Il y a là un fait intéressant au point de vue physiologique et qui, s'il se confirme, pourra devenir susceptible d'application. L'acide benzoïque et l'acide quinique au contraire augmentent la proportion d'acide urique (Meissner).

En résumé, en général on peut dire que tout ce qui accroît la désassimilation augmente la production d'acide urique, tandis que c'est l'inverse qui a lieu quand elle diminue. Aussi cette diminution d'acide urique s'observe après les

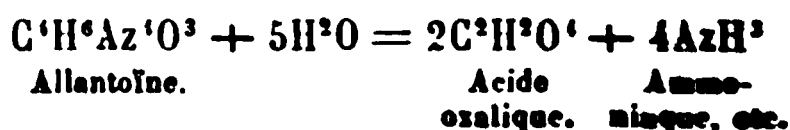
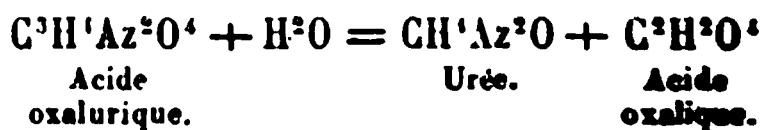
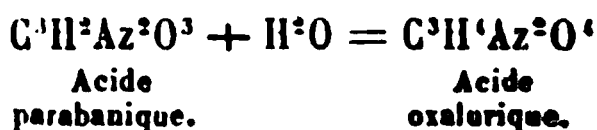
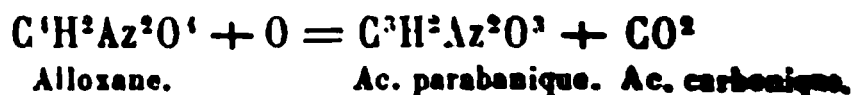
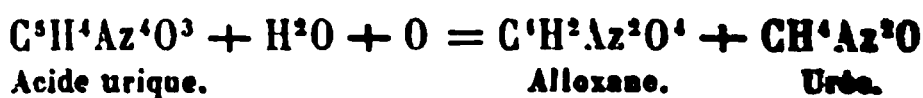
inhalations d'oxygène (Eckhard, Ritter) et de protoxyde d'azote ; l'exercice musculaire (?), les boissons abondantes (Genth), etc.

On peut rattacher à l'acide urique un certain nombre de produits de désassimilation azotés ou non azotés, qui en proviennent évidemment ; ils peuvent se rencontrer dans les excréments et en particulier dans les urines. Tels sont, outre l'urée, l'allantoïne, l'acide oxalurique, l'alloxane, l'acide oxalique. Enfin les produits ultimes de la décomposition sont, comme pour l'urée, l'ammoniaque, l'acide carbonique et l'eau.

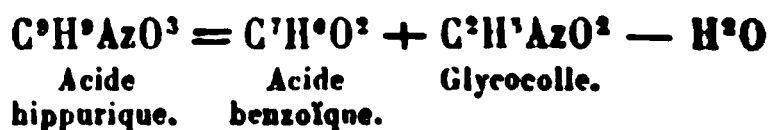
L'allantoïne, $C^3H^6Az^2O^3$, se rencontre dans l'urine pendant la vie fœtale et, après la naissance, pendant la lactation. Sa formation est représentée par l'équation suivante :



Les réactions suivantes donnent la formation des divers produits de la décomposition de l'acide urique.



E. ACIDE HIPPURIQUE, $C^9H^9AzO^3$. — L'acide hippurique peut être considéré comme formé par la réunion de l'acide benzoïque et du glycocole avec perte d'eau.



C'est aussi de cette façon que l'acide hippurique se forme dans l'organisme. Si l'on ingère de l'acide benzoïque, on le retrouve dans les urines, cet acide s'unissant à la glycocole qui se trouve dans le foie. Meissner et Shepard ont prouvé que, chez les herbivores, l'acide hippurique provient de la substance cuticulaire. Cette substance cuticulaire se rapproche beaucoup de l'acide qui se transforme dans l'organisme en acide benzoïque.

En effet l'ingestion d'acide quinique donne naissance à l'acide hippurique. Ingré, l'acide hippurique subit aussi partiellement une décomposition en acide benzoïque qui se retrouve dans le sang et glycocolle qui se transforme en urée. Outre l'acide benzoïque et l'acide glycocolle, plusieurs acides aromatiques, acide cinnamique, acide amygdalique, etc., donnent naissance à la formation d'acide hippurique.

En dehors de cet acide hippurique de l'alimentation, il y en a encore une petite quantité qui se forme dans l'organisme indépendamment du régime alimentaire. Cette petite quantité paraît due à la décomposition des substances albumineuses; en effet, parmi leurs produits de décomposition on trouve l'acide benzoïque et la glycocolle, c'est-à-dire les deux facteurs de l'acide hippurique.

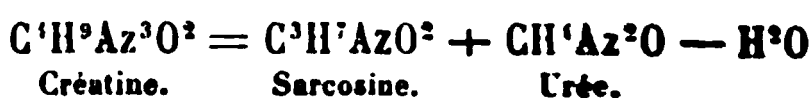
On fait l'union de ces deux facteurs, soit que l'acide benzoïque vienne de l'alimentation, soit qu'il provienne de la décomposition des albuminoïdes? Elle ne se fait pas dans le sang, car on ne trouve pas d'acide hippurique dans le sang des herbivores, ni chez les carnivores l'ingestion d'acide benzoïque. D'après Kühne et Hallwachs, elle a lieu dans le foie, où se trouve déjà le lieu de formation de la glycocolle; si on injecte dans le sang de l'acide benzoïque et de la glycocolle, l'acide hippurique apparaît dans l'urine; si on ingère de l'acide benzoïque après avoir lié les vaisseaux du foie pour interrompre la circulation hépatique, l'acide benzoïque passe dans l'urine et il ne se forme pas d'acide hippurique. Mais les expériences de Kühne ont été contredites de plusieurs côtés. D'autres auteurs placent sa formation dans le canal intestinal ou la glycocolle se forme par décomposition de l'acide glycocolique. Enfin Moissner et Schenk placent dans le rein même la production de l'acide hippurique. L'ingestion d'acide benzoïque, ils n'ont pu trouver d'acide hippurique dans le sang chez les animaux néphrotomisés, et cependant les auteurs ont vu, après la ligature des vaisseaux du rein, l'acide benzoïque paraître dans le sang après l'ingestion d'acide benzoïque, en opposition avec leur théorie. La question est donc encore à résoudre.

CRÉATINE et CRÉATININE. — La créatine, $C^4H^7Az^3O^2$, et la créatinine, $C^4H^5Az^3O$, sont deux corps très-voisins, et qui se transforment très-facilement l'un dans l'autre. La créatinine est l'anhydride de la créatine; on le voit par les formules qui suivent :

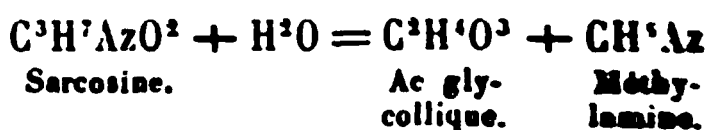
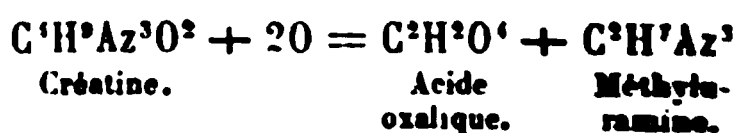
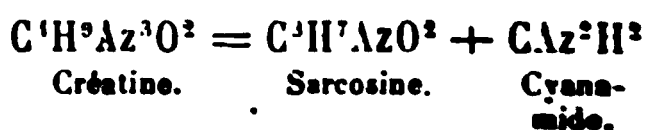


La créatine se rencontre guère que dans les muscles et dans le sang; elle est abondante dans le sang, et manque dans les glandes; la créatinine se

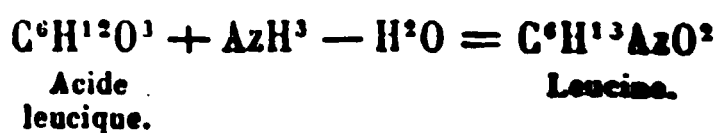
trouve dans l'urine. Il paraît à peu près certain que la créatine provient de la créatine et que cette dernière se forme dans les muscles et les nerfs, et peut-être aussi aux dépens de l'aliment. Cependant les recherches sur la proportion de créatine dans l'urine après l'exercice musculaire sont loin de concorder et il est difficile d'arriver à des résultats positifs. D'après les observations citées, l'urée ne proviendrait pas de la même origine que la créatine, ne pourrait être considérée comme un produit de désassimilation de cette dernière, quoique cette urée se trouve parmi les produits de la décomposition de la créatine. D'après Feltz et Ritter, la créatine est assez réfractaire à l'oxydation dans l'organisme. Si on examine les produits de décomposition que fournit la créatine, outre l'urée, un certain nombre de principes, sarcosine, méthyluramine, acide méthylparabanique, etc., qui ont des relations intimes avec la xanthine, l'hypoxanthine, la guanine et l'acide urique. Les formules suivantes donnent les principales décompositions de la créatine :



ou encore :



G. LEUCINE et TYROSINE. — La leucine, $\text{C}^6\text{H}^{13}\text{AzO}^2$, est un acide leucique ou oxycaproïque :

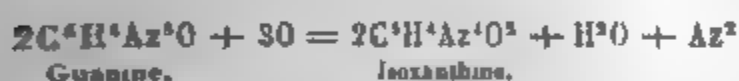


La tyrosine, $\text{C}^9\text{H}^{11}\text{AzO}^3$, est un amide dont la nature est connue. Toutes les deux dérivent de matières albuminoïdes de la glutine, de la chondrine et de la mucine ; elles se forment dans la digestion, spécialement dans la digestion pancréatique. Meister considère même les peptones comme formées par un mélange de leucine, de tyrosine et de corps analogues aussi éloignés qu'

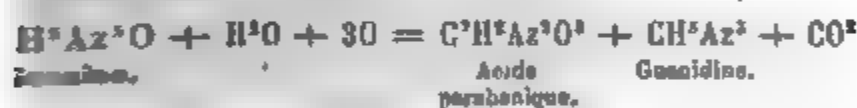
es albuminoïdes. La leucine se rencontre surtout dans les glandes et dans les glandes vasculaires sanguines ; la tyrosine au contraire ne se forme qu'après la mort et n'existe guère pendant la vie dans le suc pancréatique.

Ces substances, comme la glycocholate, pourraient bien être, comme l'a vu, une des sources de l'urée.

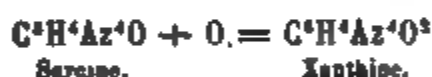
GUANINE, XANTHINE et SARCINE. — Ces trois corps ont des relations étendues entre eux et avec l'acide urique (voir : *Acide urique*). La sarcine par l'oxydation un corps isomère de la xanthine, l'iso-



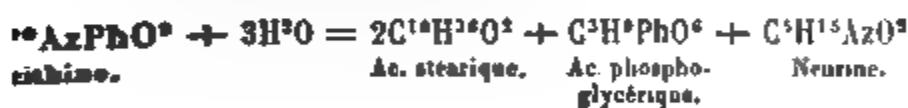
On obtient encore, par l'oxydation, de l'acide parabanique, de la guanidine et de l'acide carbonique.



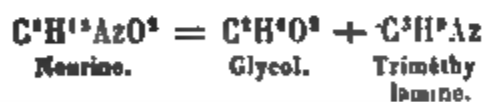
L'iso-xanthine ou hypoxanthine se transforme en xanthine par l'oxy-



CHOLINE et NEURINE. — La *lécithine*, $\text{C}^{14}\text{H}^{30}\text{AzPhO}^2$, peut être considérée comme une combinaison de l'acide phosphoglycérique et de la neurine avec la neurine.



La neurine ou choline, $\text{C}^3\text{H}^3\text{AzO}^2$, dérive du glycol et de la triméthylamine.

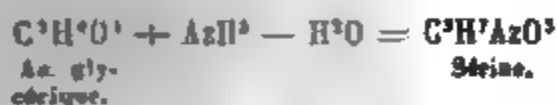


La choline, qui se rencontre spécialement dans la bile, provient évidemment de la décomposition de la lécithine, et c'est probablement la neurine qui, par une décomposition plus avancée, donne naissance à petites quantités de triméthylamine qu'on a trouvées dans les résidus de distillation de l'urine et du sang.

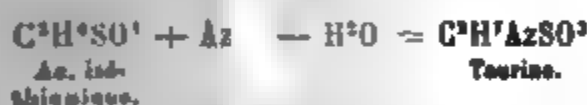
L'acide phosphoglycérique, $\text{C}^3\text{H}^3\text{PhO}^2$, est constitué par l'union de

Quoi qu'il en soit, l'endroit où s'unissent ces différentes substances pour constituer la lécithine (sang, organes) est encore indéterminé.

1. CYSTINE et TAURINE. — Ces deux substances se distinguent des précédentes par la présence du soufre. Elles proviennent certainement de la désassimilation des matières albuminoïdes, et doivent être en relation intime l'une avec l'autre et avec la formation de l'acide tauro-éthionique (voir : *Acides biliaires*). La cystine, $C^2H^7AzSO^2$, est très-voisine d'une substance, la sérine, $C^2H^7AzO^2$, qui se trouve dans la soie, et dont elle ne diffère que par le remplacement d'un atome d'oxygène par un atome de soufre. La sérine elle-même peut être considérée comme un dérivé de l'acide glycérique ou oxylactique.



La taurine, $C^2H^7AzSO^2$, est un amide de l'acide iséthionique, isomère de l'acide sulfovinique ou éthyléthionique.



Il est possible, sans qu'on en ait la démonstration, que la cystine soit le produit de désassimilation intermédiaire pour arriver à la taurine.

AMMONIAQUE. — L'ammoniaque, AzH^3 , est le dernier terme de la désassimilation des matières azotées. Mais, à l'état normal, il est rare qu'elle aille jusqu'à la production d'ammoniaque et nous avons vu dans les paragraphes précédents à quels produits intermédiaires s'arrête ordinairement cette désassimilation. On trouve cependant dans l'urine, dans l'air expiré et peut-être dans le sang, des traces d'ammoniaque, mais il est douteux que cette ammoniaque provienne de décompositions qui se passeraient dans le sang ou dans les tissus. Peltz et Hutter, dans leurs expériences, n'ont constaté de transformation de l'urée en carbonate d'ammoniaque qu'après l'injection d'urée dans le sang, même en injectant du ferment bactérien. Cette ammoniaque proviendrait-elle d'une décomposition dans le tube intestinal d'une petite quantité d'urée passée dans l'intestin avec les sécrétions digestives?

Il est probable en outre, d'après les recherches de Schulzen et autres, qu'une partie de l'urée doit sa naissance à une combinaison de l'ammoniaque formée dans l'organisme avec un facteur azote de la série



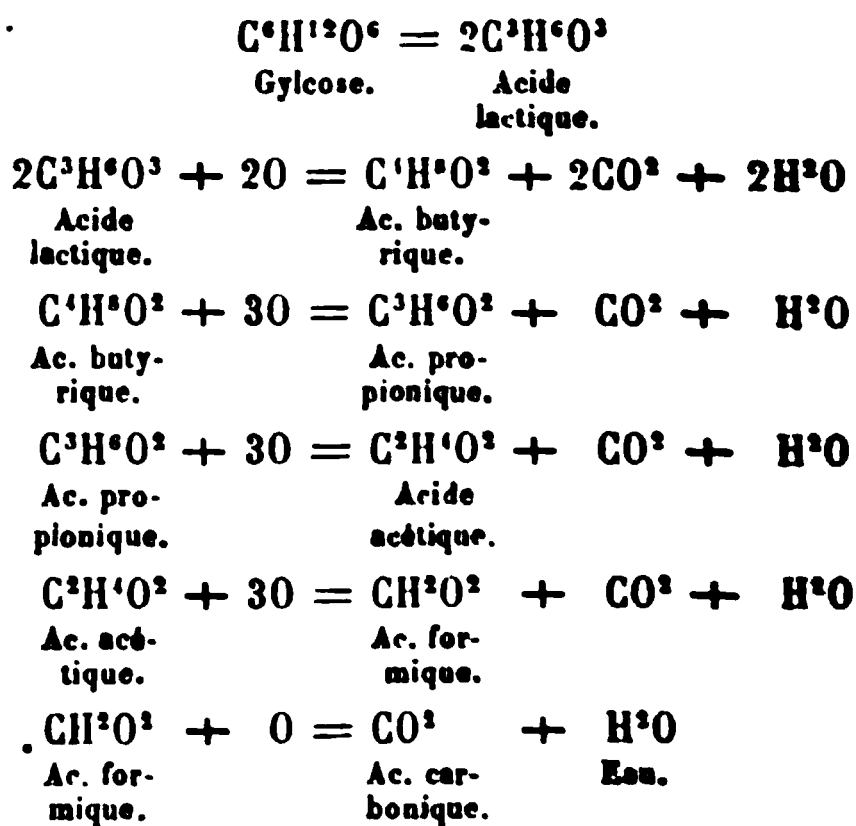
W. v. Knieriem a vu en effet l'ingestion de chlorhydrate d'ammoniaque augmenter la quantité d'urée.

2° Produits de désassimilation non azotés

La plupart des produits de désassimilation non azotés peuvent venir de deux sources : 1° des substances azotées (de l'organisme ou de l'alimentation) ; 2° des matières non azotées, graisses, hydrates de carbone, etc. Il est donc difficile de dire *à priori* si tel produit doit être attribué à l'une ou à l'autre origine.

Les termes finaux de la décomposition des produits non azotés sont l'acide carbonique et l'eau, comme l'ammoniaque est le terme final de la désassimilation des principes azotés ; mais là encore la décomposition s'arrête souvent avant d'arriver à la production d'acide carbonique et d'eau et il en résulte un certain nombre de principes intermédiaires plus ou moins riches en carbone et en hydrogène.

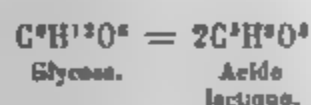
A. ACIDES GRAS VOLATILS. — Les acides gras volatils, formique, propionique, butyrique, etc., peuvent provenir, soit de la décomposition des graisses (glycérine et acides gras ; voir page 533), soit de la décomposition des hydrocarbonés, ou de l'acide lactique par leurs dépens.



En outre, les acides gras volatils se produisent aussi dans la décomposition des substances albuminoïdes, de sorte qu'une partie des acides, encore indéterminée, provient de la désassimilation des substances azotées.

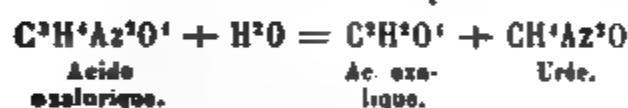
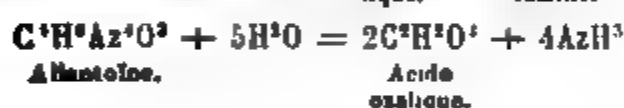
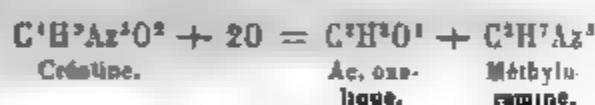
B. ACIDES LACTIQUE, OXALIQUE, etc. — L'acide lactique,

dépens des hydrocarbures (glycose), sous l'influence de la
acide lactique.



Le lactique est produit principalement dans les muscles et est par la décomposition de la glycose fabriquée dans le foie et aux muscles par le sang (voir : *Glycogénie*), et peut-être dépens de la substance glycogène du muscle et de l'inosite, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, ou sucre musculaire. Cet acide lactique est ensuite en circulation et probablement décomposé pour fournir de l'acide et de l'eau.

azotique, $C^2H^2O^4$, peut provenir aussi bien des substances azotées que des substances non azotées. Ainsi la créatine et deux des acides uriques, l'allantoïne et l'acide oxalorique, donnent l'acide oxalique, et Wöhler et Frerichs ont vu l'ingestion d'acide urique augmenter la quantité d'oxalate de chaux de l'urine.



elles fournissent aussi de l'acide oxalique (voir page 201) et même des hydrocarbonés :



état normal, la production d'acide oxalique dans l'organisme est limitée et c'est à peine si on en trouve une petite quantité : (sous forme d'oxalate de chaux); habituellement la décomposition des substances qui lui ont donné naissance n'en laisse pas la moindre trace. L'oxydation ultérieure, l'acide oxalique se transforme en acide oxalodéshydrogène et en eau :



salique peut aussi provenir de la décomposition des acides
t de l'alimentation végétale.

La formation de l'acide oxalique est tout à fait inconnu.

es aromatiques, comme l'acide benzoïque, peuvent provenir doublement des albuminoïdes.

raisons, au contraire, tendraient à faire croire que la cholestérine ne doit pas être considérée uniquement comme un produit de désassimilation. En effet, la cholestérine se rencontre en assez grande quantité dans l'œuf et les tissus de nouvelle formation; elle est accompagnée presque toujours la lécithine qui est pour elle un véhicule. On peut-être, comme le croit Beneke, faudrait-il lui attribuer une importance plus élevée (histogénétique ?) que celle d'un simple produit de désassimilation.

D. ACIDE CARBONIQUE. — L'acide carbonique, CO_2 , est le produit ultime de la décomposition des principes de désassimilation azotés. Seulement, comme on a vu que ces principes ne représentent qu'une partie des albuminoïdes, une partie de l'acide carbonique provient d'un quart environ, provient de ces dernières substances; le reste provient par les hydrocarbonés, les graisses et, accessoirement, par les végétaux. Ainsi, si l'on évalue le carbone total éliminé (281^{gr},20, 64^{gr},18 proviendront du carbone des albuminoïdes (page 500).

Cet acide carbonique se forme probablement partout dans les tissus et dans tous les organes; mais c'est dans les muscles que sa production est la plus active; c'est là le foyer véritable de la formation d'acide carbonique dans l'organisme.

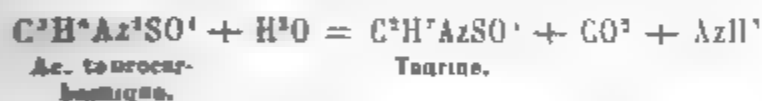
E. EAU. — L'eau représente aussi, comme l'acide carbonique, un terme ultime de la série des désassimilations. Mais la quantité formée dans l'organisme est très-faible. Cette eau est formée en grande partie par oxydation et c'est à cette oxydation qu'il doit être employé l'oxygène qui disparaît dans l'acte de la respiration. En effet, le volume de l'acide carbonique expiré est plus grand que le volume de l'oxygène inspiré, et cependant si tout l'oxygène inspiré contribuait à la production de l'acide carbonique, on n'aurait pas de l'acide carbonique en excès.

3° *Sels.*

CARBONATES. — Une partie seulement des carbonates se forme dans l'organisme, le reste provient directement de l'alimentation. Les acides organiques ingérés avec les aliments constituent la source principale de formation des carbonates; des expériences nombreuses ont montré que les acides organiques, malique, citrique, etc., ingérés ou injectés dans le sang, sont décomposés et transformés en carbonates. Aussi les urines des herbivores sont-elles plus riches en carbonates que celles des carnivores. La même transformation est subie par les acides organiques qui prennent naissance dans l'organisme même par l'effet des nutriments (acide lactique, oxalique, etc.).

PHOSPHATES. — Les phosphates proviennent presque exclusivement de l'alimentation, sauf une petite partie qui peut provenir de la dégradation de la lécithine (acide phosphoglycérique).

SULFATES. — Une partie des sulfates éliminés provient évidemment d'autres matières albuminoïdes, et il est très-probable que la glycine et la taurine représentent des produits intermédiaires de cette dégradation. E. Salkowsky a obtenu, par l'ingestion de la taurine, des résultats variables suivant l'espèce animale, une partie passe intacte dans l'urine, tandis qu'une autre partie était décomposée et transformée en sulfates (lapin). Chez l'homme, les sulfates ne sont pas éliminés, mais on trouve dans l'urine un corps, $C^2H^4Az^2SO^2$ (acide carbamique) qui, chauffé avec l'eau de baryte dans un tube scellé, se transforme en taurine, acide carbonique et ammoniacque.



Après Schultzen, l'acide sulfurique se séparerait des albuminoïdes sous forme d'acide sulfamique, H^2AzSO^2 , qui se décomposerait en ammoniacque et en acide sulfurique. L'ammoniacque s'unirait à l'acide carbonique, CH^2AzO^2 , pour former de l'urée



Les sulfates sont éliminés par l'urine.

Le soufre provenant de la désassimilation des substances albumineuses ne s'élimine pas à l'état de sulfates. Sertoli et après lui, Löbischowsky ont trouvé dans l'urine un corps contenant du soufre et qui n'a pu encore être isolé.

Épargne. — On attribue à quelques substances, alcool, café du Pérou, maté du Brésil, la faculté d'enrayer la désassimilation et de diminuer les décompositions internes de l'organisme;

sur les *Modifications chimiques que subissent les sécrétions sous l'influence de quelques agents qui modifient le globule sanguin*, 1872. — W. БЕРККЕ : *Pathologie des Stoffwechsels*, 1874. — Voir en outre les *Traité de physiologie* et les *Recueils de chimie* pour les travaux de BOUSSINGUOT, DUMAS, etc.

ARTICLE SECOND. — PHYSIOLOGIE DU MOUVEMENT

Les organismes vivants sont des producteurs de forces vives, comme on l'a vu dans les proliférations. Ces forces vives, comme on l'a vu dans les proliférations, sont en réalité que des modes divers de mouvement, qui se dégage tantôt sous forme de travail mécanique, tantôt sous forme de chaleur ou d'électricité, tantôt sous cette forme plus obscure et plus mystérieuse encore, on donne habituellement le nom de force nerveuse ou de force de vie.

1. — PRODUCTION DE TRAVAIL MÉCANIQUE.

Le travail mécanique est produit dans l'organisme par les muscles, qui constituent les organes *actifs* du mouvement. Les conditions générales de la contraction musculaire ont été étudiées dans la Physiologie générale ; il ne s'agit ici que des muscles considérés comme moteurs mécaniques, qu'ils produisent, comme forces motrices, par leur action sur les parties mobiles du corps et en particulier aux divers organes qui constituent les organes passifs du mouvement.

, malgré les remarquables travaux des frères Weber, Itz, de Marey, de Giraud-Teulon, et de quelques autres artistes, la théorie mathématique des mouvements dans le animal reste encore à faire. Ainsi, pour ne citer qu'un il est bien démontré aujourd'hui que les surfaces articulaires n'appartiennent jamais à des courbures parfaitement exactes et mathématiquement calculables ; elles ne sont jamais sphériques, coniques, cylindriques, hélicoïdes, etc., et par conséquent à peu près impossible de les faire rentrer dans une formule générale.

Les forces musculaires s'appliquent non-seulement sur les os, mais sur les tendons, pour produire les mouvements partiels ou totaux du corps, mais ils s'appliquent encore sur les liquides, comme dans la circulation du sang, soit sur les gaz, comme dans la ventilation pulmonaire, et par la même puissance, la contraction musculaire, détermine des effets très-différents suivant la disposition de l'appareil auquel la puissance est appliquée.

1^{re} STATION ET LOCOMOTION.

L'organisme humain est composé en grande partie d'organes mous, peu résistants, incapables par eux-mêmes de résister à la forme du corps contre les puissances extérieures et de résister contre la pesanteur. Cette rigidité, cette persistance de la forme, indispensables aux diverses manifestations de la vie, le corps les doit aux os dont l'ensemble constitue le squelette. Ces os sont articulés entre eux de façon à permettre des déplacements partiels ou totaux de l'organisme, des mouvements partiels des membres, mouvements de locomotion, de sorte que la résistance et la solidité du tout soient com-

plètes. La mécanique du squelette et la mécanique articulaire sont essentielles à connaître quand on veut étudier le mécanisme de la station et de la locomotion. Mais la physiologie des articulations est si intimement liée à l'anatomie de ces organes qu'il est impossible de les étudier à part, et cette étude est l'objet des traités d'anatomie auxquels je renvoie, tant pour la théorie générale des articulations que pour celle des diverses

articulations prises en particulier. (Voir : Beaunis et *Anatomie*, 2^e édition, page 128.)

1. — MÉCANIQUE MUSCULAIRE.

Quand deux os sont réunis par une articulation et qu'il va de l'un à l'autre, il peut se présenter deux cas : 1^o le muscle est rectiligne ou bien il est réfléchi.

Dans le premier cas, si le muscle est rectiligne, le muscle, en se contractant, tendra à rapprocher ses deux points d'insertion et la résultante du raccourcissement de toutes ses fibres peut être représentée par une ligne idéale qui figurera la direction du muscle lui-même et sa direction. Les deux points d'insertion peuvent aussi être représentés par des lignes idéales figurant les points d'insertion. Le muscle, en se contractant, exerce une traction égale sur les deux points d'insertion, et tend à les déplacer l'un vers l'autre d'une quantité égale ; mais les obstacles qui s'opposent au déplacement peuvent différer à chacun des deux points de façon que l'un d'eux peut se déplacer seulement d'une quantité très-faible ou même rester immobile ; de là la distinction des insertions d'un muscle en *insertion fixe* et *insertion mobile* ; mais ces mots n'ont en réalité qu'une valeur toute relative. Une insertion fixe pourra dans certaines circonstances devenir mobile et *vice versa* ; cependant pour la plupart des muscles, une des insertions joue le plus habituellement le rôle fixe, et c'est en général celle qui est la plus rapprochée du tronc ou de la racine des membres.

Si le muscle est réfléchi, il pourra arriver deux cas : 1^o si bien le point de réflexion est mobile et les insertions sont mobiles ; alors ce point de réflexion se rapprochera d'une direction qui rapprochera les deux points d'insertion du muscle ; c'est de ce cas qu'agissent les muscles curvilignes à insertions fixes qui compriment les organes contenus dans une cavité ; 2^o ou bien le point de réflexion est fixe ; alors chacune des insertions se rapproche du point de réflexion et nous rentrons dans le cas des muscles à direction rectiligne ; ici du reste, comme ci-dessus, une des insertions peut être fixe, et l'autre se rapproche seule du point de réflexion ; dans ce cas, le muscle peut, au point de réflexion, être considéré comme partant de son point de

Si maintenant nous examinons les différentes positions qu'un muscle en état de contraction peut imprimer à un os mobile par rapport à un os fixe, nous trouverons les cas suivants (fig. 85) :

1° *Le muscle fait avec l'os mobile un angle aigu, MM'A (fig. 85, I).* Le muscle MM' tire le point mobile M' dans la direction M'M; il représente une force qu'on peut décomposer en deux composantes : 1° l'une M'a, parallèle à l'os mobile et se confondant avec son axe, tend à presser cet os contre l'os fixe dans l'articulation A; cette partie de la force est donc complètement perdue pour le mouvement; 2° l'autre composante M'b, perpendiculaire à l'os mobile, entraîne le point mobile M' dans la direction M'b; celle-là est seule utile. En comparant les deux figures I et I', on voit que plus l'angle intercepté par les deux os est obtus, plus il y a de force perdue, et qu'à mesure que cet angle se rapproche d'un angle droit, la quantité de force utilisée M'b devient plus grande.

2° *Le muscle fait avec l'os mobile un angle droit (II).* Dans ce cas toute la force est utilisée, et le point mobile M' est tiré dans la direction même du muscle M'M; c'est ce qu'on appelle le *moment* d'un muscle.

3° *Le muscle fait avec l'os mobile un angle obtus AM'M (III).* Nous retrouvons là encore les deux composantes comme dans le premier cas : 1° l'une M'a, tire le point mobile M' dans la direction M'a, et tend à écarter

de l'os os mobile
un os fixe.

donnant la force du muscle. Il suffit en effet de connaître MM' la valeur de la force du muscle et de construire des forces comme dans les figures ci-jointes ; en déduisant immédiatement la valeur des deux composantes $M'a$ et $M'b$ en rapportant leur longueur à celle de la diagonale du rectangle.

Il est important de remarquer que, suivant qu'un muscle agit au début ou à la fin de sa contraction, il y aura un écartement des surfaces articulaires les unes contre les autres ou un rapprochement de ces surfaces. Beaucoup de muscles agissent pas par les trois positions que nous avons étudiées, mais ils agissent d'abord avant d'avoir atteint leur moment, c'est-à-dire que leur traction s'exerce perpendiculairement à l'os qu'il en soit, tous les mouvements imprimés à une articulation par la traction d'un muscle, peuvent être ramenés à ceux qui précèdent.

Nous avons supposé un muscle tendu sur une articulation et allant d'un os à l'os contigu ; mais il y a beaucoup de muscles tendus sur plusieurs articulations et dont les contractions peuvent par conséquent s'exercer sur plusieurs os. Ce problème est plus complexe ; on peut toujours, il est vrai, isoler l'action d'un muscle sur une articulation déterminée, en considérant toutes les autres fixes et les passer ainsi en revue une à une après les autres ; mais on n'a pas là ce qui se passe réellement et ces mouvements, que nous supposons se faire successivement, se font simultanément et se modifient les uns les autres.

Dans tous ces mouvements, l'os mobile reçoit

actions de la pesanteur et des obstacles au déplacement de l'os mobile (résistance des antagonistes, tension des parties molles, etc.), et suivant les positions respectives de ces trois points, l'os mobile représentera un levier du premier, du deuxième ou du troisième genre.

Dans le levier du premier genre, le point d'appui se trouve entre la puissance et la résistance. C'est ce qui arrive, par exemple, dans l'équilibre de la tête sur la colonne vertébrale; le point d'appui correspond à l'articulation occipito-atloïdienne; la résistance se trouve en avant de l'articulation, sur une perpendiculaire abaissée du centre de gravité de la tête qui par son poids tend à s'incliner en avant; la puissance est en arrière, au point d'insertion des muscles de la nuque. La colonne vertébrale, dans d'autres différentes pièces, le trochanter sur le bassin, la jambe sur le pied représentent un levier du premier genre. Le levier du premier genre peut être appelé le levier de la station. Il se présente typiquement, chez l'homme, dans certains mouvements; ainsi dans le mouvement d'extension de l'avant-bras sur le bras, le point d'appui est à l'articulation du coude, la puissance tend à l'articulation à l'insertion du triceps, la résistance (poids de l'avant-bras) en avant de l'articulation.

Dans le levier du second genre, la résistance est entre la puissance et le point d'appui. Dans ce levier, le bras de levier (¹) de la puissance est toujours plus long que le bras de levier de la résistance; ce levier est très-avantageux au point de vue de la force puisque, les forces étant inversement proportionnelles à leurs bras de levier, il suffira d'une force médiocre pour vaincre une résistance considérable; mais il est désavantageux au point de vue de la vitesse, car les vitesses, ou les déplacements des points d'application des deux forces, sont proportionnelles à leurs bras de levier. Ainsi, si le bras de levier de la puissance = 10 et celui de la résistance = 1, il suffira d'une force égale à 1 kilogramme pour déplacer une résistance de 10 kilogrammes, mais le point d'application de la puissance se déplacera de 10 mètres pendant que celui de la résistance ne se déplacera que de 1 mètre. Le levier du second genre est donc le levier de la force. Il ne se présente que rarement dans la machine animale;

On appelle bras de levier la distance qui sépare le point d'appui du point d'application de la force (puissance ou résistance).

point d'appui et la résistance. A l'univers du point de levier de la résistance est toujours plus considérable de la puissance, et s'il est avantageux au point de vue de la vitesse, il est désavantageux au point de vue de la force. Le levier du troisième genre est-il le levier de la nature aussi celui qui est le plus employé dans les mouvements de l'homme. Ainsi dans la flexion de l'avant-bras le point d'appui est à l'articulation du coude, la puissance des flexisseurs (biceps et brachial antérieur) (poids de l'avant-bras) à la partie moyenne de l'avant-bras. Le même genre de levier se retrouve dans la plupart des mouvements.

Un muscle n'agit jamais seul, tous les segments qui composent le squelette ayant une certaine mobilité les uns par rapport aux autres; pour qu'un muscle déplace par une de ses extrémités un os donné, il faut que l'autre extrémité soit immobilisée par suite l'os qui lui donne attache soit fixe par d'autres muscles et ainsi de suite, de proche en proche jusqu'aux parties fixes du squelette, pour les mouvements peu énergiques, n'ayant pas besoin d'être absolus, s'opèrent soit par la mécanique de la pesanteur, soit par des contractions faibles qu'elles passent inaperçues et que tout se fait sans effort; mais cette énergie paraît dans toute son intensité quand nous voulons exécuter un mouvement exigeant un grand effort; alors tous les muscles se mettent en contraction, et le squelette forme un tout rigide.

Les mouvements produits par la contraction musculaire peuvent être envisagés de deux façons différentes : 1° on peut avoir égard aux mouvements d'un os isolé sur un autre os, autrement dit, aux mouvements qui se passent dans une articulation ; 2° on peut avoir égard aux divers mouvements que peut produire un muscle donné, en le supposant agir isolément.

Les mouvements d'un os sur un autre sont en général le fait, non pas d'un seul, mais de plusieurs muscles dits *congénères* ; et ainsi qu'on a pu créer des groupes de *fléchisseurs*, d'*extenseurs*, etc., qui agissent probablement tous à la fois dans un mouvement.

Les effets produits par la force musculaire sont très-variables ; ils seront tantôt un mouvement imprimé à un corps en repos, tantôt un changement de forme d'un corps, tantôt des transformations ou des annihilations de mouvement, etc., mais quels qu'ils soient, ces effets peuvent toujours se réduire à une *poussée* ou à une *traction* et par suite être comparés avec toute autre action mécanique. Il est donc facile de mesurer la force déployée par un muscle ou par un organisme.

Dans bien des cas, cette force peut se mesurer directement à l'aide d'appareils ou *dynamomètres*, dont le plus usité est le *dynamomètre de Régnier*. Il se compose d'un ressort élastique dont les deux branches se rapprochent par la pression ou le tirage de son petit axe ou par la traction dans la direction de son grand axe. Le degré de rapprochement des deux branches du ressort (degré correspondant à la force musculaire déployée) est indiqué par la déviation d'une aiguille sur une échelle divisée en petites divisions correspondant à des poids déterminés. D'après les expériences de Régnier, le maximum de pression, pour un homme de moyenne taille, est de 70 kilogrammes ; la force développée par la traction est à peu près du double.

Le travail mécanique de l'homme s'évalue habituellement, comme celui des animaux et des machines, en kilogrammètres. Le kilogrammètre ou unité de travail est la quantité de travail nécessaire pour élever 1 kilogramme à 1 mètre de hauteur dans un temps (en une seconde). En effet, pour connaître l'effet d'un mouvement, il ne suffit pas de connaître le travail effectué mais il faut savoir en combien de temps le travail a été

accompli. Or, les observations pratiques ont montré qu'une force ordinaire peut fournir 7 kilogrammètres au mètre par seconde; mais comme les muscles ne peuvent se contracter continuellement, et qu'un ouvrier ne peut guère dépasser huit heures de travail par jour, on a pour 24 heures de 2,3 kilogrammètres par seconde.

Le travail produit n'est pas le même pour les différentes espèces animales. Le tableau suivant donne pour l'homme et pour quelques animaux la quantité de kilogrammètres produits pendant huit heures de travail; la dernière colonne donne la quantité de travail par kilogramme d'animal et par seconde.

	Poids moyen.	Travail de 8 heures en kilogrammètres.	Travail et par en kilo
	—	—	
Homme	70 kilogr.	316,800	
Bœuf	280 —	1,382,400	
Ane.	168 —	864,000	
Mulet.	230 —	1,497,600	
Cheval	280 —	2,102,400	

La quantité de travail produite varie naturellement d'après la façon dont la force musculaire est utilisée.

Cette quantité de travail est bien plus considérable, relativement au poids du corps, chez de petits animaux, les insectes; Plateau, dans ses curieuses expériences sur les insectes, a vu que certains insectes peuvent trainer 20 (abeille), 30 (neton) et jusqu'à 10 fois leur poids.

2. — STATION.

On appelle station cet état d'équilibre du corps dans lequel peut se maintenir un certain temps sans se déplacer. Il y a plusieurs espèces de station, suivant l'attitude prise par l'animal : station debout, station assise, décubitus ou station couchée; mais, dans toutes, la condition essentielle pour l'équilibre de la station c'est que la perpendiculaire abaissée du centre de gravité du corps tombe dans la base de sustentation, et le maximum de stabilité est atteint quand cette perpendiculaire rencontre même de la base de sustentation. On sait qu'on appelle de sustentation le polygone formé par la réunion de

extrêmes par lesquels le corps touche le sol. J'insisterai sur la station droite, la plus importante de toutes, et l'analyse suffira pour faire comprendre facilement toutes

les conditions essentielles à considérer dans la station : centre de gravité du corps, la base de sustentation et son inclinaison dont la ligne de gravité est maintenue dans la base de sustentation.

Centre de gravité du corps. — Le centre de gravité du corps peut être déterminé expérimentalement par les mêmes procédés que pour tous les autres corps solides. Borelli faisait coucher le corps sur une planche placée en équilibre sur un couteau comme un fléau de balance, de façon que la planche restât en équilibre ; le centre de gravité se trouvait alors en passant par l'arête du couteau ; la situation du centre de gravité dans le plan antéro-postérieur et surtout dans le plan antéro-postérieur et surtout dans le plan antéro-postérieur et surtout dans le plan antéro-postérieur (frontal) est plus difficile à déterminer expérimentalement ; cependant on peut y arriver en partie par des raisons théoriques. Le centre de gravité du corps se trouve au niveau du promontoire (E. Weber), ou au niveau de la deuxième vertèbre sacrée (Meyer), dans le canal de la deuxième vertèbre sacrée. On peut déterminer de la même façon les centres de gravité des différentes parties du corps. Ainsi le centre de gravité du membre inférieur (jambes enlevées) se trouve sur la ligne qui va de l'apophyse iliaque à la 8^e vertèbre dorsale (la 10^e d'après Horner), dans le plan transversal qui passe un peu en arrière de l'axe des fémurs.

La position du centre de gravité du corps varie naturellement avec la position qu'on donne au corps et à ses différentes parties, plus ou moins suivant les fardeaux dont on le charge et la façon dont les fardeaux sont portés. De là les attitudes diverses prises par le corps suivant le mode de chargement, attitudes qui ont pour but de ramener la ligne de gravité dans la base de sustentation ; de là ces mouvements de compensation si marqués quand la base de sustentation est très-étroite, comme dans la station sur un seul pied ou dans les expériences d'équilibre.

Base de sustentation. — La base de sustentation est constituée par la station droite ordinaire uniquement par les pieds, et par la station gauche uniquement par les pieds, et par la station droite ordinaire uniquement par les pieds, et par la station gauche uniquement par les pieds. Cette base de sustentation s'agrandit singulièrement, et avec elle la stabilité, dans

travaux prolongés, c'est en effet ce qui arrive dans les
études, comme dans la station accroupie. Pour qu'il
puisse se prolonger, il faut donc que d'autres conditions
viennent et que l'action musculaire soit réduite au minimum.
Ces conditions se rencontrent dans la disposition mécanique
articulations combinée avec l'action de la pesanteur. Les
articulations du tronc et des jambes sont maintenues en
tension par le poids même des divers segments du corps, de sorte
que le corps représente un tout rigide en équilibre stable
et supporté par la voûte plantaire.

Cette rigidité se produit de la façon suivante dans les différentes
articulations qui représentent toutes des leviers du premier
genre.

La tête est en équilibre sur l'atlas et son centre de gravité
tombe un peu en avant de l'axe de rotation de l'articulation
occipito-atloïdienne; ici les muscles de la nuque interviennent
mais l'effort qu'ils ont à faire est très-faible à cause de la
longueur du bras de levier de la résistance (distance du centre
de gravité à l'articulation).

L'action musculaire intervient aussi dans le maintien de la
rectitude du rachis, surtout dans certaines conditions, par exemple
après le repas, le poids des viscères tend à l'incliner en avant.

Le centre de gravité du tronc tombe un peu en avant de
l'axe de rotation des fémurs; mais la chute du corps est
empêchée par la tension du ligament de Dantès.

Dans l'articulation du genou, le centre de gravité des parties supérieures du corps tombe très-peu en arrière de l'axe de rotation, et l'articulation est maintenue dans l'extension par le tenseur du *fascia lata* et sa bandelette aponévrotique et par le biceps fémoral.

Tout le corps, jusqu'à l'articulation tibio-tarsienne, forme ainsi un tout rigide dont la solidité est maintenue pour une grande partie par la tension même des ligaments et pour une faible part par l'action musculaire, et ce tout rigide est en équilibre sur l'astragale ; mais cet équilibre est très-instable, car le centre de gravité du système se trouve bien au-dessus du point d'appui, puisqu'il est situé au niveau du promontoire.

Aussi, à cause de la longueur du levier, les plus faibles déplacements dans l'articulation tibio-tarsienne se traduisent-ils à l'extrémité du levier, c'est-à-dire à la tête, par des oscillations d'une amplitude considérable. Ces oscillations peuvent être enregistrées directement si on trace sur un plan vertical qui trace sur le dos du sujet en expérience une ligne verticale, l'oscillation que le corps exécute pendant la station. Il est facile de mesurer ainsi les déplacements que subit le centre de gravité du corps. Ces oscillations sont dues évidemment à des contractions musculaires inconscientes (et peut-être aussi aux mouvements de la circulation et de la respiration) et surtout aux contractions des muscles de l'articulation tibio-tarsienne. Ce sont en effet ces muscles qui rétablissent à chaque instant l'équilibre et ramènent dans la base de sustentation la ligne de gravité du corps qui tend à s'en écarter, et, malgré la précision des contractions musculaires, il est bien difficile que la contraction ne dépasse pas quelquefois la limite voulue. La sensibilité musculaire, mieux le sens musculaire joue donc un rôle essentiel dans la station, puisque c'est par lui que nous avons la notion du degré de contraction nécessaire pour rétablir l'équilibre (voir : *Sens musculaire*).

La sensibilité musculaire n'intervient pas seule dans le maintien de l'équilibre dans la station ; deux autres ordres de sensations interviennent aussi, des sensations tactiles d'une part, des sensations visuelles de l'autre.

L'astragale qui supporte tout le corps repose sur la voûte plantaire et, par conséquent, sur la peau du talon d'une part et

voulue pour l'équilibre dans la station. Aussi voit-on que la sensibilité de la peau de la plante du pied est ébranlée, par exemple par un bain froid ou à la suite de maladies, les oscillations du corps augmenter d'amplitude, et par conséquent la stabilité de l'ensemble diminuer.

Les sensations visuelles ont un effet analogue ; la fixation des objets qui nous entourent rend la station plus stable, et l'équilibre ; les oscillations augmentent d'amplitude de la nuit ou quand on ferme les yeux, et cette amplitude augmente à un degré considérable quand, comme dans certaines formes de l'ataxie locomotrice par exemple, la sensibilité musculaire est en même temps abolie.

On admet en général deux modes principaux de station : la station symétrique et la station insymétrique.

Dans la *station symétrique*, le poids du corps repose également sur les deux jambes et le centre de gravité se trouve dans un plan antéro-postérieur qui partage le corps en deux moitiés symétriques. Dans ce mode de station, la musculature donne habituellement pour type la *position militaire* ; la musculature joue un rôle considérable, aussi ne peut-elle être maintenue longtemps sans fatigue.

Dans la *station insymétrique* ou *station hanchée*, le corps repose sur une seule jambe, placée dans l'extension ; le centre de gravité du corps tombe sur l'articulation tibio-tarsale de ce pied. L'autre jambe un peu fléchie, placée or

ment, puisqu'il exige beaucoup moins d'action musculaire, aussi les oscillations y sont-elles beaucoup plus faibles que dans la station symétrique. La position hanchée est la position naturelle, celle que nous prenons instinctivement quand la station se prolonge au delà de certaines limites.

3. — LOCOMOTION. — MARCHÉ ET COURSE.

Il est absolument impossible dans un ouvrage élémentaire, d'étudier en détail les mouvements multiples que le corps humain peut exécuter par l'action des muscles sur les diverses pièces du squelette. Les *mouvements partiels ou sur place*, quelque compliqués qu'ils soient, peuvent toujours être analysés avec facilité quand on connaît exactement la physiologie des articulations et l'action des muscles ou groupes musculaires qui servent une articulation donnée, et les éléments de cette étude se trouvent dans tous les traités d'anatomie. Quant aux *mouvements d'ensemble ou de locomotion* proprement dits, tels que la marche, la course, le saut, la natation, etc., on se bornera ici à donner une idée générale de la marche et de la course, renvoyant pour le reste aux traités spéciaux de gymnastique médicale.

1° Marche.

Procédés d'exploration. — Les frères Weber ont appliqué les premiers des procédés rigoureux et précis pour observer et mesurer les divers mouvements de la marche et de la course. Mais les procédés les plus exacts ont été employés par Marey, qui a imaginé plusieurs appareils pour enregistrer directement ces mouvements. Les principaux appareils de Marey sont les suivants : 1° une *chaussure exploratrice* destinée à enregistrer la pression du pied sur le sol; l'intérieur de la chaussure contient une chambre à air qui communique avec le tambour du polygraphe; à chaque pression du pied sur le sol, l'air est comprimé dans cette chambre à air, et cette pression, transmise à l'air du tambour, soulève le levier du polygraphe; 2° un *appareil explorateur des oscillations verticales*; il est formé par un tambour à levier placé sur une planchette qu'on assujétit au-dessus de la tête du sujet en marchant; le levier du tambour est chargé d'une masse de plomb qui augmente l'inertie; quand le corps s'élève en oscillant verticalement,

la masse de plomb résiste et force la membrane du tambour à la pression se transmet au levier du tambour du polygraphe qu le contraire arrive quand le corps descend ; 3° un *cyindre en portatif* avec deux tambours qui communiquent chacun avec appareils précédents ; le sujet en expérience porte ces différents et peut ainsi enregistrer les mouvements de la marche, du saut, etc., à différentes vitesses et dans toutes les positions possibles. Les tracés des figures 88 et 89, empruntés à Marey, sont pris avec ces appareils. (Voir, pour les détails, le travail de *C. Machine animale* de Marey.)

La marche se distingue de la course par ce que le corps ne quitte jamais le sol. Chaque jambe porte alternativement le corps et le pousse en avant de façon à déterminer le mouvement de progression en faisant changer à chaque instant la base de sustentation.

Si (fig. 86) nous décomposons les forces qui entrent en action dans la marche, G représentant le centre de gravité du corps, nous voyons que deux forces agissent sur ce centre de gravité, G : 1° l'une, représentée par la jambe JG, fait équilibre à la pesanteur ; 2° l'autre, produite par l'extension de la jambe J'G, pousse le centre de gravité dans la direction GF, et peut se décomposer en deux composantes, l'une verticale, GV, qui tend à porter en haut le centre de gravité ; c'est à elle qu'est due la légère oscillation verticale constatée dans la marche ; l'autre horizontale, GH, qui détermine la progression. Les deux jambes représentent alors un triangle dont l'hypothénuse J'G est constituée par la jambe postérieure étendue, la perpendiculaire ou le grand côté, par la jambe qui supporte le poids du

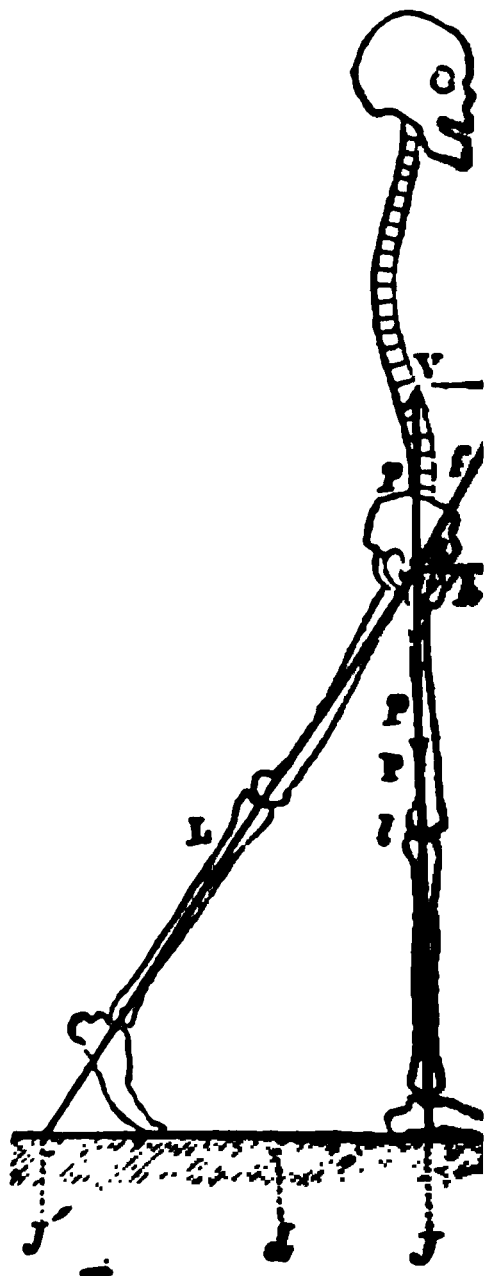


Fig. 86. — Forces qui entrent dans la marche.

Il représente la longueur d'un pas. Cependant Marey a pris cette longueur comme un demi-pas seulement et a divisé le pas en deux séries de mouvements qui s'exécutent en positions semblables d'un même pied.

Pour comprendre les actes successifs de la marche, il est utile d'analyser à part les mouvements des jambes et

mouvements des jambes. — Au début du pas, l'une des jambes, la jambe portante ou active, est située au-dessous du centre du corps, l'autre, la jambe oscillante, est placée plus en arrière, comme dans la figure 86. A partir de cette position, chacune des jambes prend les positions suivantes pendant la durée d'un pas (fig. 87).



— Positions successives des deux jambes pendant la durée de la marche

La jambe portante s'étend peu à peu dans l'articulation du genou et commence à pousser le tronc en avant, puis la jambe oscillante, qui commence au moment où son

elle est portée et *entraînée en avant* par le mouvement de la jambe oscillante; elle décrit donc, pendant ce mouvement d'oscillation, une courbe qui n'est pas un pas (pas simple de Marey).

D'après les frères Weber, la jambe oscillerait comme un pendule composé, et d'après des lois purement physiques, la durée des oscillations dépendrait uniquement de la longueur de la jambe, et l'isochronisme des oscillations assurerait la régularité de la marche. Cependant les recherches de Duchéne (et de Carlet), ont démontré que l'intervention musculaire est indispensable et qu'il est impossible de la nier, par exemple le muscle psoas iliaque et le tenseur du *fascia lata* (flexion de la jambe), le couturier (flexion de la jambe), etc. Mais les forces passives n'en jouent pas moins un rôle essentiel dans la marche; elles augmentent d'autant l'action musculaire; ainsi la pression articulaire, qui maintient au contact les surfaces articulaires fémorales, fait à peu près équilibre au poids de la jambe oscillante.

Le moment où la jambe oscillante se pose sur le sol, varie avec les divers modes de marche lente ou rapide; mais dans la marche ordinaire, la jambe termine son oscillation et se pose sur le sol un peu après qu'elle a dépassé la verticale, sous l'influence de la gravité.

Si maintenant on examine la simultanéité des mouvements des deux jambes, ce qui peut surtout se faire par la photographie, on voit que la durée d'un pas peut se diviser en deux temps: 1° un temps pendant lequel les deux pieds sont sur le sol, temps de *double appui*; 2° un temps pendant lequel un seul pied est sur le sol, temps de *double appui*.

s'y poser. La figure suivante représente, d'après graphique de la marche marche assez rapide.

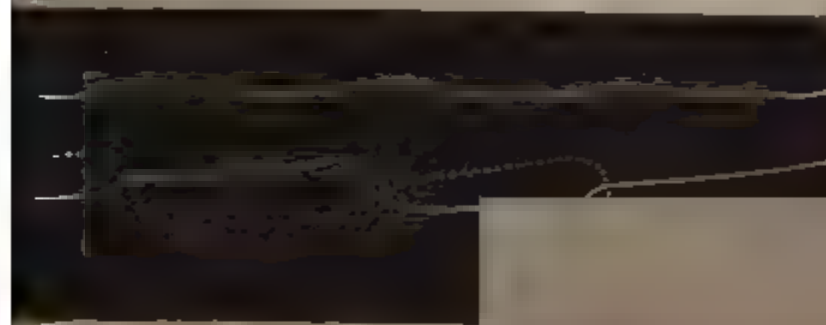


Fig. 88. — Graphique de la marche. (Marey.)

Mouvement du tronc. — Pendant la marche, le tronc est incliné en avant et cette inclinaison augmente avec la marche. Les frères Weber avaient comparé cette à celle d'une tige qu'on tient en équilibre sur le bout pendant qu'on marche ou qu'on court; mais Duchenne a prouvé que, contrairement à l'opinion de Weber, musculaire intervient aussi dans cette inclinaison.

Mouvement de progression dans le sens horizontal, le se aussi de légères oscillations verticales; mais ces traces en O (fig. 88), sont à peine marquées et le sensiblement à la même hauteur. D'après Weber, ces ne dépassent jamais 32 millimètres.

Mouvement du tronc, entraîne par la jambe qui oscille, accomplit dans le sens horizontal un mouvement de rotation, comparable à une rotation, mouvement pendant lequel il s'incline en même temps se tord suivant l'axe du rachis; ce mouvement, bien que quand les bras sont collés au corps, est diminué par les mouvements de compensation des bras qui oscillent en sens inverse de la jambe du même côté. Les mouvements du tronc et de la jambe en particulier ont été bien étudiés et analysés par Marey, à propos duquel je renvoie.

La marche dépend de deux conditions principales : la longueur et la durée du pas.

Longueur du pas. — Dans le triangle rectangle JGJ'

Mouvements du pied droit. — G, mouvements du pied gauche. — O, oscillation des courbes D et G correspond au moment où les pieds appuient sur le sol. — J et J' sont les points de départ et d'arrivée des courbes au moment où les pieds sont détachés du sol.

(fig. 86, p. 552), où J'J représente la longueur du pas, tant plus considérable que JG sera plus court et l'hyp plus longue. La longueur du pas sera donc plus grande si la jambe portante JG se fléchit pour abaisser le point du tronc est-il d'autant plus bas qu'on marche plus vite. La jambe étendue J'G est plus longue; les personnes à longues jambes et à grand pied font de plus grandes enjambées.

2° *Durée ou nombre des pas.* — La durée du pas est diminuée de deux façons: 1° en diminuant la durée de la phase de flexion de la jambe, ce qui peut se faire, soit en fléchissant plus rapidement la jambe, ce qui rend son oscillation plus courte (la pendule étant plus courte), soit en arrêtant plus rapidement la jambe en oscillation et en posant le pied à terre dès que la jambe atteint la verticale du centre de gravité; 2° en diminuant le temps pendant lequel les deux jambes touchent le sol; on voit tout haut que ce temps peut même être réduit à 0 (fait par Carlet).

Le tableau suivant donne, d'après Weber, les rapports entre la durée du pas et la longueur du pas et la vitesse de la marche :

Durée du pas en secondes.	Longueur du pas en millimètres.	Vitesse de la marche en mètres par seconde.
0,335	851	2,5
0,417	804	1,9
0,480	790	1,6
0,562	724	1,2
0,604	668	1,1
0,668	629	9
0,846	530	6
0,966	448	4
1,050	398	3

2° Course.

On a vu tout à l'heure que, dans la marche très rapide, le temps pendant lequel les deux jambes touchent le sol est réduit à 0, de façon que le tronc ne repose jamais sur une seule jambe; cette marche rapide représente une sorte de médiane entre la marche ordinaire et la course. Dans la course, il y a un temps pendant lequel les deux jambes

sol et le tronc suspendu en l'air. Les principaux points du mécanisme de la course diffère de celui de la marche, les suivants.

Le mouvement d'extension de la jambe est beaucoup plus fort qu'à la marche, de sorte que le tronc se trouve projeté en l'air. Le corps, détaché du sol, les deux jambes, devenues libres, suivent le mouvement de translation du corps en avant et oscillent alternativement d'arrière en avant; pendant ce temps de suspension le corps qui a donné l'impulsion est située un peu en arrière et quand celle-ci se pose sur le sol pour projeter à son tour le corps en avant et en haut, la première continue son mouvement oscillatoire.

Le corps exécute aussi, pendant la course, des oscillations verticales. D'après Weber, seraient plus faibles que dans la marche, mais le contraire d'après les traces de Marey (fig. 89).



Fig. 89. — Graphique de la course (course peu rapide, Marey).

Les oscillations verticales correspondraient non aux *leves* mais aux *chutes*; le corps commencerait à s'élever au moment où le pied se pose sur le sol, atteindrait son maximum d'elevation au moment où le pied se retire et redescendrait pour tomber à son minimum au moment où le pied se pose et avant que l'autre pied ait touché le sol. Il n'y aurait donc pas de saut ou de projection du corps en haut comme le comprenait Weber. Le temps d'oscillation tiendrait seulement à ce que les jambes se retirent sous l'effet de leur flexion, au moment où le corps se trouve à son maximum d'elevation.

La vitesse de la course peut aller jusqu'à quatre mètres et une par seconde, des coureurs peuvent même parcourir six mètres par seconde, mais sans pouvoir soutenir cette vitesse.

Le tableau suivant résume les différences de la marche ordinaire,

de la marche très-rapide et de la course, d'après les données précises, pendant la durée de deux pas (un pas de Marey); les lettres D et G représentent les jambes droite et gauche; les lettres O et P, la jambe oscillante et la jambe portante.

Marche	(D — P O P P P O P P
)	G — P P P O P P P O
Marche rapide	(D — P O P O
)	G — O P O P
Course	(D — P O O O P O O O
)	G — O O P O O O P O

Bibliographie. — J.-A. BORELLI : *De Motu animalium*, 1680. — BARTHELEMY : *Mécanique des mouvements de l'homme et des animaux*, 1794. — G. MAREY : *Mémoire sur la marche* (Journal de physiologie de Magendie, 1835). — W. WEBER : *Mécanique de la locomotion*, dans : *Encyclopédie anatomique*. — MAIRSIAT : *Etudes de physique animale*, 1843. — MICHEL : *Des Mueuses au point de vue de la mécanique animale*, 1846. — GIRAUD-TEULON : *Principes de la mécanique animale*, 1854. — DUCHENNE : *Physiologie des mouvements*, 1861. — CARLKT : *Essai expérimental sur la locomotion humaine*, 1872. — MAREY : *Machine animale*, 1874. — PETTIGREW : *la Locomotion chez les animaux*, 1874.

2° MÉCANIQUE RESPIRATOIRE.

Procédés. — A. MENSURATIONS. — Les mensurations, soit avec le ruban métrique, soit avec le compas d'épaisseur, ne peuvent donner que des renseignements sur les mouvements de la cage thoracique. Elles ne peuvent que donner la circonférence ou les diamètres du thorax à un moment donné. A ce point de vue, le meilleur instrument est le *mètre de Woillez*; c'est un ruban métrique constitué par l'assemblage de pièces solides articulées entre elles et qui conservent, après application, la forme de la circonférence thoracique.

B. PROCÉDÉS D'ENREGISTREMENT DES MOUVEMENTS DU THORAX. — Les appareils imaginés pour enregistrer les mouvements respiratoires du thorax sont très-nombreux et il est impossible de les décrire tous. Ces instruments se divisent en trois classes: les uns s'appliquent aux deux extrémités opposées d'un diamètre du thorax, les autres à la circonférence thoracique, les derniers enfin au diaphragme: les premiers enregistrent l'expansion diamétrale du thorax, les seconds l'expansion circonférentielle, les derniers l'expansion verticale.

1° *Instruments enregistrant l'expansion diamétrale du thorax.* — Ces instruments, auxquels on a donné les noms de *thoracostéthomètres*, *stéthographes*, etc., sont très-nombreux. Ils sont généralement construits sur le principe du compas d'épaisseur. Les deux branches de l'instrument s'appliquent aux deux extrémités d'un diamètre quelconque du thorax (transversal ou antéro-postérieur); le point de jonction des deux branches est mobile et transmet le mouvement du point

Il est en contact à un levier enregistreur. Le mode de transmission du mouvement peut varier ainsi que le mode de fixation de l et la disposition des différentes pièces. Je ne donnerai ici qu'un-uns de ces instruments comme types.

Appareil pour recueillir les mouvements du thorax. — Pour les



Fig. 90. — Tambour pour recueillir les mouvements du thorax. (Bert.)

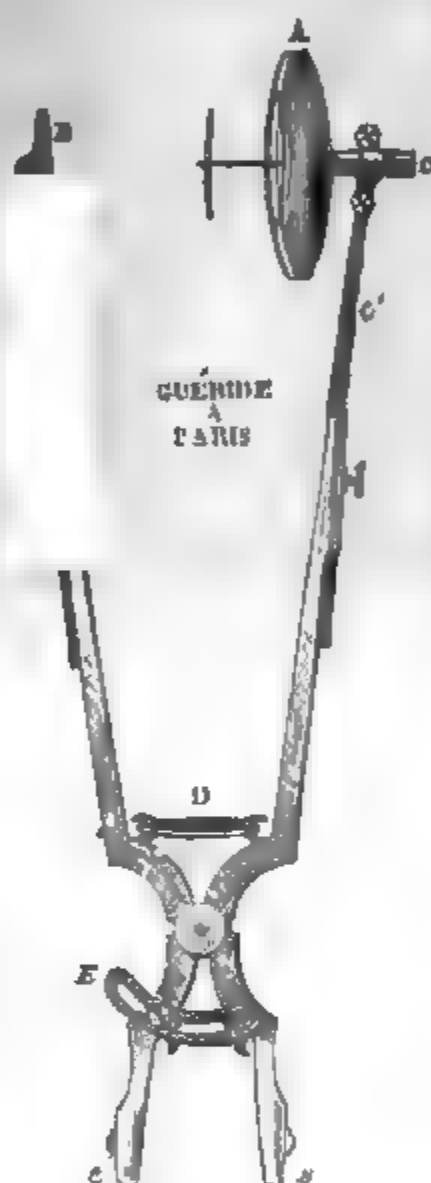


Fig. 91. — Tambour monté sur un trépied. (Bert.)

Notaux, comme les oiseaux, on peut se servir de la disposition décrite dans la figure 91; pour les grands animaux, il vaut mieux

— A, tambour. — B, plateau. — C, tube de communication avec le levier enregistreur. — C', tube élastique tendu à volonté pour ramener l'appareil au contact. — E, vis permettant de fixer l'appareil à une position déterminée. — ee', tiges qu'on peut allonger et raccourcir.

donner à l'appareil la forme suivante (Bert) : un pied solide (*fig. 91*) supporte une capsule de cuivre qui communique par le tube le tambour du polygraphe ; cette capsule est fermée par une membrane élastique A sur laquelle s'élève, appuyée sur une plaque d'aluminium, une tige verticale mobile terminée par un plateau α et qui sans frottement un pont de cuivre qui la maintient. À ce pont un fil élastique qui ramène les plateaux α et α' quand ils ont foncés du côté de la capsule. Pour enregistrer le mouvement du thorax, il suffit d'approcher le plateau α de ce point : le thorax se dilate, il repousse le plateau α , déprime la membrane élastique A ; l'air de la capsule est comprimé, la compression met à l'air du tambour du polygraphe dont le levier s'élève. La figure représente le tambour monté sur une sorte de compas d'épaisseur. Le *stéthomètre* de Burdon-Sanderson est construit sur le même principe. Seulement, pour assurer la fixité de l'appareil et du sujet, d'ailleurs, le tambour est porté par une sorte de charpente et le *pneumographe* de Fick peut rentrer aussi dans la même catégorie.

Les appareils employés par Vierordt et Ludwig utilisent le même mode de transmission. Ils se composent essentiellement d'un bras court et d'un bras long ; l'un des bras, le plus court, s'applique sur le thorax, l'autre sert de tige écrivante.

Stéthographe double de Riegel. — Riegel a imaginé un appareil qui permet d'enregistrer simultanément les mouvements des deux côtés de la poitrine, ce qui peut être utile dans certaines circonstances, surtout dans les cas pathologiques. Je renvoie pour sa description à l'ouvrage de l'auteur (voir : Bibliographie).

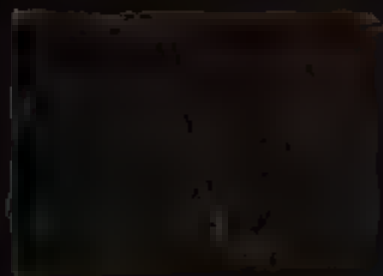
2° Appareils pour enregistrer l'expansion circulaire du thorax. — *Pneumographes.* — Le plus usité est le *pneumographe* de Marey. Il se compose d'un cylindre élastique constitué par un boudin enveloppé d'une couche de caoutchouc mince, aux extrémités du cylindre se trouvent deux rondelles métalliques fixées par un crochet, de façon à pouvoir y adapter une ceinture autour du thorax à la hauteur à laquelle on veut étudier les mouvements. La cavité du cylindre communique par un tube avec le tambour du levier enregistreur. Le *pneumographe* a été modifié par Bert de la façon suivante (*fig. 92*, page 561) : le cylindre est métallique et les deux bases du cylindre, au contraire, sont recouvertes par des plaques de caoutchouc, ce qui donnerait plus de solidité à l'appareil. Quoi qu'il en soit, dans les deux appareils le principe est toujours le même : dans l'inspiration, l'air du cylindre se dilate, la pression diminue dans l'air du tambour du polygraphe et le levier du tambour s'abaisse ; dans l'expiration, c'est l'inverse. La figure représente, d'après Marey, le tracé obtenu avec le *pneumographe* : la courbe se lit de gauche à droite ; l'ascension de la courbe correspond à l'expiration, sa descente à l'inspiration.

Appareils pour enregistrer les mouvements du diaphragme (externe cervicale). — Phrénographe de Rosenthal. — Cet instrument



Fig. 92. — Pneumographe modifié de Bert.

peut être employé que sur les animaux. Il se compose d'un levier qui s'introduit par une ouverture de la paroi abdominale et qui vient appuyer sur la face inférieure du muscle dont il suit les mouvements. L'extrémité extérieure du levier est en rapport avec un cylindre enregistreur qui inscrit sur ce cylindre le graphique du mouvement dia-



Graphique de la respiration (homme) obtenu par le pneumographe (Morey.)

phragmatique. On peut aussi implanter simplement dans le diaphragme, sous l'appendice xiphoïde, une aiguille dont l'extrémité libre est reliée à un levier enregistreur.

INSTRUMENTS ENREGISTREURS DE LA PRESSION INTRA-PULMONAIRE. — Comme la pression augmentant dans les voies aériennes au moment de l'expiration et diminuant au moment de l'inspiration, on peut, au lieu d'enregistrer les variations de la cage thoracique, enregistrer les variations

Le graphique se lit de gauche à droite

de pression de l'air. Les procédés employés dans ce but ont été donnés page 433, ainsi que les graphiques obtenus par ces procédés.

D. THORACOMÈTRES. — Le *thoracomètre de Sibson* est le plus simple de ces instruments. Les mouvements d'un point du thorax communiquent à une tige qui s'engrène avec une roue dentée et fait tourner une aiguille dont la direction indique l'étendue du mouvement. Cet appareil permet de mesurer des déplacements de 1/100 de ligne. Le *thoracomètre de Wintrich*, le *stéthomètre de Quain* sont construits sur le même principe. Ces appareils sont moins commodes que les pneumographes enregistreurs, mais dans certains cas ils peuvent donner des résultats plus précises.

On a vu plus haut, à propos des phénomènes physiologiques de la respiration, la nécessité d'une ventilation pulmonaire (page 433). C'est le mécanisme de cette ventilation qu'il nous reste à étudier. Autrement dit ce qu'on appelle ordinairement les *phénomènes mécaniques de la respiration*. Les conditions de cette ventilation concernent d'une part le thorax, de l'autre les poumons.

1° Conditions de la ventilation pulmonaire

Le thorax représente, au point de vue physiologique, une cage élastique à parois mobiles susceptible de s'agrandir dans l'inspiration, de se retrécir dans l'expiration. Ces variations de volume ne peuvent se faire cependant que dans des limites déterminées, et les différentes régions des parois thoraciques jouent une part inégale en rapport avec la constitution et l'élasticité de ces parois. La forme naturelle ou la *position d'équilibre* du thorax correspond à l'état de l'expiration ordinaire. La cage thoracique peut être tirée de cette position d'équilibre par des puissances musculaires dont l'étude est du ressort de l'anatomie, et qui tantôt augmentent sa capacité (muscles inspirateurs) tantôt la diminuent (muscles expirateurs). D'autre part, l'inspiration et l'expiration forcée ne peuvent se produire que par l'action musculaire, le retour à la position d'équilibre ou l'expiration ordinaire se fait par la simple élasticité des parois thoraciques, aidée puissamment, comme on le verra plus loin, par l'élasticité pulmonaire.

La cavité thoracique est en outre hermétiquement fermée, elle se trouve dans les conditions d'un récipient dans lequel

le vide absolu ; il en résulte que la pression atmosphérique agit sur la surface extérieure des organes creux (poumons et cœur), tandis qu'elle agit sur leur interne, soit directement (poumons), soit par l'intermédiaire du sang (cœur et gros vaisseaux) ; aussi la face externe des organes, en contact avec la face interne de la paroi thoracique, s'accroche intimement à cette paroi et en suit tous les mouvements d'expansion et de rétraction.

Le schéma suivant (Fig. 94) illustre ces conditions mécaniques. La cloche 1 représente

la cavité thoracique ; la membrane 2

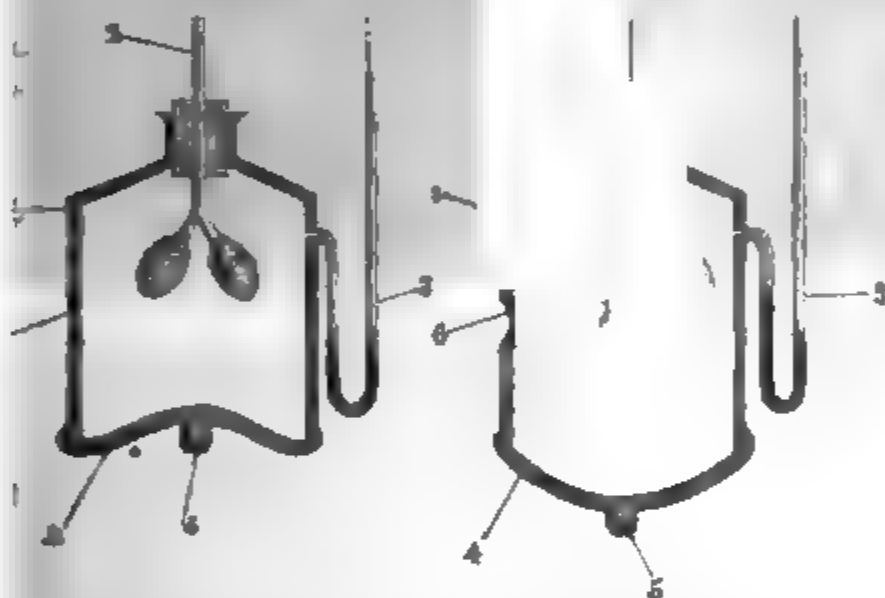


Fig. 94. — Rapports des poumons et de la cavité thoracique (Fouka.)

La cloche 1, le diaphragme ; la membrane 2 les parties de l'espace intercostal ; un tube, 2, figurant la trachée, traverse la cloche et se bifurque en aboutissant à deux branches qui représentent les poumons ; un manomètre, 3, donne la pression dans l'intérieur de la cloche. Au début de l'expérience, l'air de la cloche est à la même pression que l'air extérieur, et par conséquent le mercure est à la même hauteur dans les deux branches du manomètre. Si maintenant on tire en bas par le bouton 5, la membrane 4, on augmente la cavité de la cloche, la pression dans son intérieur, et la pression atmosphérique étant alors plus grande que la pression intérieure, le mercure se fait hausser dans la branche interne du manomètre, et dilate les deux vessies ; la

pression dans la cloche est alors *négative* et se mesure par la différence des deux colonnes mercurielles. Supposons mainte-

L'élasticité pulmonaire joue un rôle essentiel dans la respiration. Dans l'inspiration, les petites bronches et les vésicules pulmonaires sont distendues par la pression atmosphérique et sont obligées de suivre les mouvements d'expansion du thorax. Une fois l'inspiration terminée, cette élasticité entre les lobes pulmonaires se rétractent suivis par le thorax. Mais dans des conditions normales, et tant que la plèvre est intacte, les lobes ne n'atteignent jamais leur limite d'élasticité : leur position libre ne correspond pas à la position d'équilibre. Quand ce dernier a atteint son minimum de capacité (c'est-à-dire dans les expirations forcées), le poumon n'a pas encore atteint sa limite et il pourrait encore se rétracter si la pression atmosphérique intrapulmonaire n'accolait pas sa surface à la paroi thoracique. Aussi quand, sur le vivant ou sur le cadavre, vient-on à faire une ouverture à la paroi thoracique, l'air pénétrant par cette ouverture dans la cavité de la plèvre, la pression atmosphérique s'exerce à la surface externe du poumon comme à l'intérieur, et les deux pressions s'équilibrant, l'élasticité entre seule en jeu et le poumon se rétracte en conséquence de ce qu'il contient.

Pour mesurer cette élasticité, on adapte à la trachée un manomètre à mercure et on incise la paroi thoracique. Quand le poumon s'affaisse et le mercure monte de 6 à 8 centimètres dans le manomètre (Carson) ; cette élasticité pulmonaire est considérable dans les inspirations profondes et peut atteindre jusqu'à 10 millimètres de mercure.

la contractilité pulmonaire est moins facile à constater et a été très-controvertée. Williams avait déjà obtenu un rétrécisse-

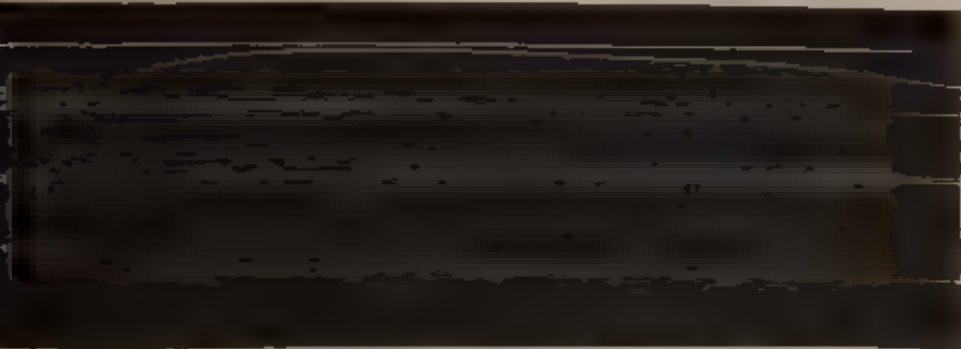


Fig. 95. — Graphique de la contraction pulmonaire chez le chien (Bert).

des bronches par l'excitation galvanique, rétrécissement se traduisait par l'ascension du liquide (eau) d'un manomètre adapté à la trachée, et ses expériences, combattues par Rich et d'autres physiologistes, ont été confirmées par Bert,

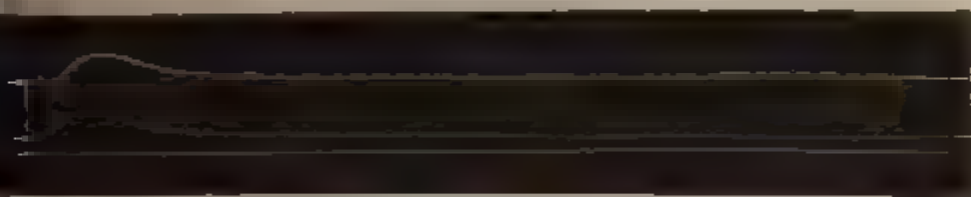


Fig. 96. — Graphique de la contraction pulmonaire chez le lézard (Bert).

constate cette contractilité et a vu qu'elle était très-pro-
nancée surtout sur les poumons des reptiles. Les traces ci-dessus,
obtenues à Bert, donnent les graphiques de la contraction pul-
monaire chez le chien (fig. 95) et le lézard (fig. 96).

2° Inspiration et expiration.

L'expiration est essentiellement active, musculaire. Les mus-
cles qui la produisent, muscles inspirateurs, diaphragme, in-
tercostaux, etc., ont à surmonter les résistances suivantes :
1° l'élasticité du thorax ; sa valeur n'a pas été calculée ; 2° l'élas-

— Les deux premiers tracés (de haut en bas) sont obtenus par l'excitation directe
du poumon, le troisième, par l'excitation du pneumogastrique. Dans tous ces tracés le trait
vertical au début, le trait vertical la fin de l'excitation.

Le premier tracé est obtenu par l'excitation directe du poumon, le second par
le pneumogastrique.

cité pulmonaire (et thoracique) et sans intervention

Dans l'*expiration forcée* (parole, chant, cri, effort), les muscles expirateurs (muscles abdominaux) interviennent alors à surmonter une résistance égale à la pression pulmonaire dans l'expiration, moins l'élasticité pulmonaire, conséquent égale à $87 - 24 = 63$ millimètres de mercure, et qui est encore plus forte encore dans les efforts intenses.

L'ampliation de volume ou la dilatation du poulmon pendant l'inspiration, se fait d'une façon inégale pour les diverses parties de la surface du poulmon ; les parties les plus fixes du poulmon, qui se déplacent le moins, sont : la racine des poulmons au sommet et leur bord postérieur avec la partie de la paroi thoracique logée dans les gouttières latérales du rachis ; les parties les plus mobiles sont celles qui sont les plus éloignées de ces points fixes et en particulier le bord antérieur et le bord inférieur. Les parties intermédiaires auront une excursion de déplacement proportionnelle à l'étendue dépendra de la distance qui les sépare de ces points fixes et des points les plus mobiles.

Pour que l'air arrive jusqu'aux poulmons, il faut qu'il y ait la nécessité que la partie supérieure des voies aériennes soit béante ; cette béance est maintenue soit par la disposition de leurs parois (charpente osseuse des fosses nasales, cartilagineux de la trachée et des bronches), soit par la contraction musculaire. C'est ce qui arrive, par exemple, pour

inspirations profondes, comme dans la dyspnée et chez certaines espèces animales, le cheval par exemple. A son passage à travers les fosses nasales, l'air inspire se réchauffe, grâce à la vascularisation de la muqueuse et à sa disposition, et cet air est en même temps de vapeur d'eau. Cependant, habituellement, la petite partie du courant d'air passe par la bouche et n'éprouve pas, par conséquent, cette élévation de température. Chez les animaux qui, comme le cheval, respirent par les narines, la paralysie des muscles des naseaux du facial ne tarde pas à amener l'asphyxie, la barne muqueuse venant devant l'orifice nasal et le bouchant à l'inspiration.

Le larynx et la glotte en particulier sont le siège de phénomènes particuliers qui coïncident avec les actes respiratoires.

Pendant l'inspiration, le larynx s'abaisse (surtout dans la respiration claviculaire) ainsi que la trachée qui se soulève en même temps. L'inverse a lieu dans l'expiration.

La glotte, dans l'inspiration modérée, a la forme d'une ouverture triangulaire élargie dans la partie inter-aryténoïdienne. Dans l'inspiration profonde, elle s'élargit considérablement (Fig. 98). Pendant l'expiration, les cordes vocales se rapprochent et interceptent un triangle plus ou moins isocèle.



Fig. 97. — Glottis dans l'inspiration modérée. (Mondl.)

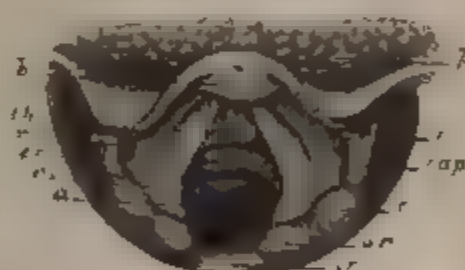


Fig. 98. — Glottis dans l'inspiration profonde. (Maud.)

L'inspiration abdominale subit des variations correspondantes à ces phases de la respiration: elle augmente pendant

l'inspiration. — *l*, larynx. — *e*, épiglote. — *pa*, repli pharyngo-épiglottique. — *ar*, repli ary-épiglottique. — *ph*, paroi postérieure du pharynx. — *c*, cartilage le Wrisberg. — *ts*, cartilage thyroïdien supérieur. — *li*, replis inférieurs. — *o*, crière glottique. — *b*, bandelette de l'épiglotte. — *g*, gouttière pharyngo-laryngée. — *t*, langue. — *ep*, épiglottide. — *ar*, cartilage aryténoïde. — *c*, cartilage cricoïde. — *tr*, repli pharyngien. — *ra*, corde vocale supérieure. — *ri*, corde vocale inférieure.

l'inspiration (compression de la masse intestinale par le diaphragme) et diminue pendant l'expiration simple.

Pour enregistrer cette pression intra-abdominale, Bert a imaginé l'appareil suivant (fig. 99). Un petit sac en caoutchouc

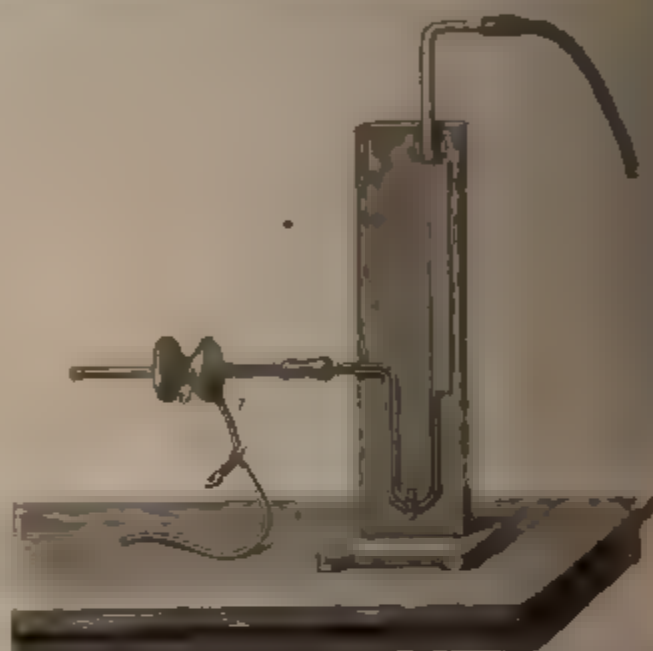


Fig. 99. — Appareil pour enregistrer les changements de la pression intra-abdominale.

Un petit sac en caoutchouc, traversé par un tube communiqué avec un manomètre à air libre. On introduit le caoutchouc jusqu'en *a*, dans le rectum de l'animal, et on ferme par le tube *b*, il se forme ainsi deux sphères, l'autre extra-rectale, séparées par l'étranglement du sphincter anal se resserre étroitement et on obtient ainsi l'hermétisme du rectum. Les variations de pression intra-abdominale transmettent au liquide contenu dans le manomètre et sont enregistrées sur un appareil enregistreur.

3° Rythme et nombre des mouvements respiratoires.

Une respiration se compose de deux stades successifs : l'inspiration, une expiration. La plupart des physiologistes considèrent cependant après l'expiration une troisième période, l'expiration passive, période d'équilibre pendant laquelle il n'y a ni inspiration ni expiration absolue de toutes les puissances expiratrices et inspiratrices.

ce point de vue les graphiques respiratoires, on a les respirations très-rapides, comme dans le graphique 100, pris en introduisant directement le tube



Fig. 100. — Tracé à que resp. d'ore. sup. n.

registreur dans la trachée la descente de la courbe précède immédiatement l'ascension de la courbe il n'y a donc pas de pause expiratoire. Dans les



Fig. 101. — Graphique respiratoire femme.

plus lentes, comme dans le graphique respiratoire 101, l'expiration est suivie d'une sorte de pause indi-

Le tracé se lit de droite à gauche, la croix indique le début du tracé.
Le tracé se lit de droite à gauche.

quée par le plateau arrondi qui sépare la ligne de l'expiration de la ligne descendante de l'inspiration, plus loin que, dans certaines conditions anormales, expiratoire devient très-prononcée.

Ce qui dans bien des cas peut faire croire à une pause, c'est le ralentissement de l'expiration quand elle finit, ralentissement qui se traduit sur les traces d'inspiration de la courbe expiratoire à se rapprocher de l'origine, c'est ce qu'on voit par exemple très-bien sur le tracé 162, le lire de gauche à droite.



Fig. 152. — Graphique respiratoire humain, d'après M. B.

Cette pause expiratoire existe toujours dans les respirations très-lentes et très-profondes.

Quelques auteurs ont encore admis, entre l'inspiration, une pause, *pause expiratoire*, mais qui n'est réelle que dans des conditions particulières et ne se présente pas à l'état normal.¹⁾

Habituellement, il n'y a donc en réalité que deux phases : l'inspiration, expiration. L'inspiration est en général plus longue que l'expiration, mais il est bien difficile d'en donner une mesure exacte et les évaluations numériques trouvées par les physiologistes sont loin de concorder. Il n'y a du reste qu'à

¹⁾ Pour l'étude de ces traces respiratoires, la méthode la plus simple est de se servir d'un appareil qui enregistre les mouvements du thorax et du ventre, et qui, par conséquent, donne une idée exacte de la respiration. On peut aussi se servir d'un appareil qui enregistre les mouvements du diaphragme, ce qui permet de constater si le diaphragme se déplace ou se déplace très peu relativement au thorax.

graphiques respiratoires pour voir qu'il est impossible d'avoir une formule absolue. La durée de chacun de ces actes respiratoires se mesure facilement par l'étendue des abscisses occupée par les deux courbes de l'inspiration et de l'expiration.

Une inspection des tracés montre encore que la vitesse du mouvement est d'abord très-rapide, décroît vers la fin; en effet, on voit que la courbe respiratoire, d'abord presque rectiligne, s'arrondit à la fin de l'expiration (expiration) ou à la fin de l'inspiration (inspiration).

La durée totale d'une respiration (inspiration et expiration) est d'environ 3 secondes. Cette durée peut varier dans l'état de repos et dans l'état d'effort. On compte en moyenne 12 respirations par minute dans l'état de repos absolu, mais la moindre cause d'effort, la marche, la course, etc., accélère la respiration. On explique les chiffres variables par les différents facteurs pour la moyenne du nombre des respirations par minute. Habituellement le rythme des respirations est régulier, aussi régulier que celui des battements du cœur, mais on peut, par la volonté ralentir, arrêter, accélérer, dans certaines limites, tous les actes respiratoires. Tout ce qui agit sur l'activité musculaire, la marche, la course, etc., accélère la respiration; il en est de même des affections psychiques qui peuvent aussi l'arrêter momentanément dans certains cas, au lieu de le régulariser, trouble immédiatement l'acte respiratoire.

Influence de l'innervation sur la respiration voir la section du pneumogastrique et de la moelle allongée.

On peut varier la fréquence des respirations, comme le démontre le tableau suivant de Quételet :

AGE.	NOMBRE DE RESPIRATIONS PAR MINUTE.		
	Maximum.	Minimum.	Moyenne.
Naissance	70	23	44
5 ans	32	—	26
20 —	24	16	20
25 —	24	14	18,7
30 —	21	13	16
50 —	23	11	18,1

même intensité d'action, et suivant que l'un ou l'autre muscle prédomine, on voit varier le mode d'agrandissement de la cage thoracique.

Quand l'action du diaphragme prédomine, la respiration est dite *diaphragmatique* ou *abdominale* : le ventre se dilate et les dimensions transversales du thorax ne se modifient que peu et seulement dans la région inférieure. C'est ce mode de respiration qui est habituel à l'homme. Dans le type *coastal* ou *costal* au contraire, c'est sur les dimensions transversales du thorax que porte principalement son ampliation et l'action du diaphragme est diminuée d'autant. Dans ce cas le ventre ne se dilate pas et l'ampliation du thorax est due principalement à l'élévation des côtes et surtout des côtes supérieures. Ce mode de respiration se rencontre chez les femmes, où l'usage du corset, et toutes les fois que l'action du diaphragme est empêchée (grossesse, tumeur abdominale, etc.). Dans ce cas la respiration est très-accentuée, les mouvements des deux premières côtes deviennent très-prononcés, ce qui fait donner le nom de *respiration claviculaire*.

La figure suivante, empruntée à Hutchinson, représente les modes et types de respiration chez l'homme et la femme (fig. 103, page 573).

5° De quelques actes respiratoires

Les mouvements respiratoires sont de deux sortes :

actes inspirateurs et actes expirateurs. Le mécanisme de l'acte de la parole rentrerait aussi dans cette dernière

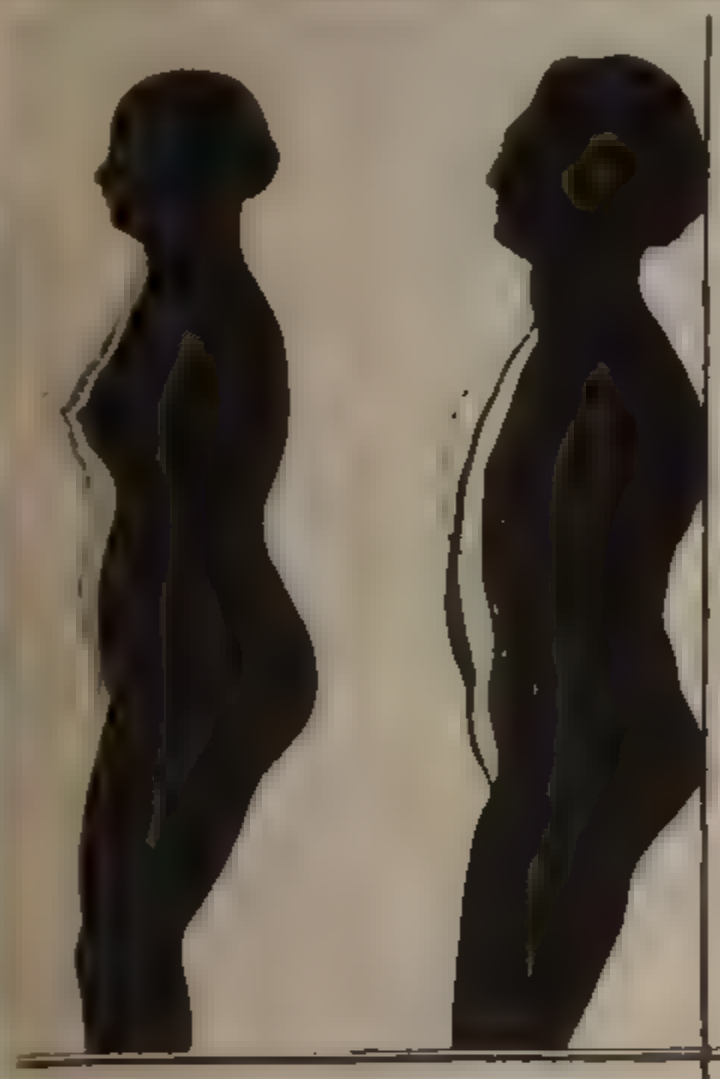


Fig. 107. — Diagramme des divers modes de respiration (Hutchinson.)

mais leur importance mérite une étude à part qui sera faite dans les chapitres suivants.

Effort. — L'effort n'est pas autre chose que le déploiement, l'effort donne, d'une contraction musculaire intense pour vaincre une résistance considérable. Cet effort a pour première conséquence la fixation de la cage thoracique, fixation qui donne d'appui solide aux muscles des membres supérieurs, de la tête et des membres inférieurs. Pour fixer la cage thora-

Cette figure montre l'étendue des mouvements antéro-postérieurs dans la respiration ordinaire et dans la respiration forcée, chez l'homme et chez la femme. Le trait noir indique les limites de l'inspiration et de l'expiration ordinaires, la ligne blanche à l'inspiration forcée, le contour de la silhouette à l'expiration forcée.

complexes, comme le bavelement. Dans le *renifler*, le courant d'air inspiré passe par la bouche en entraînant le liquide en contact buccal. Dans le *renifler*, le courant d'air inspiré passe par la bouche et on aspire en même temps les corps placés à l'entrée des narines, comme dans l'action de priser. Le *hâiller* est une inspiration profonde, la bouche largement ouverte, suivie d'une contraction de certains muscles de la face et suivie d'une expiration bruyante ou insonore. Le *sanglot* est une série d'inspirations diaphragmatiques, brèves, saccadées, douloureuses, avec production de son glottique à l'expiration. Dans le *soupir* l'inspiration est lente et suivie d'une expiration courte et forte avec émission d'un son particulier. Le *hoquet* est une contraction spasmodique du diaphragme, avec inspiration brusque arrêtée subitement par le relâchement des cordes vocales.

C. ACTES EXPIRATOIRES. — La *toux* consiste en plusieurs expirations avec rétrécissement de la glotte et production d'un son assez fort; le courant d'air expiré passe par la bouche. L'*expectoration* n'est que l'expulsion des mucosités contenues dans la trachée et le larynx. La *crachée* (*hem* des Anglais), les mucosités accumulées dans l'arrière-gorge et le pharynx sont entraînées par le courant d'air expiré; dans le *crachement*, il entraîne celles qui sont dans la cavité buccale; dans le *moucher*, le courant d'air expiré passe par la bouche, passe par les fosses nasales et est expulsé par le nez. Le *sniffler* consiste en une inspiration profonde suivie d'une expiration brève et forte.



Fig. 104. — Graphique du rive.

Apnée. — Quand le sang est saisi par des mouvements respiratoires s'arrêtent (Hook, 1667); c'est Rosenthal a donné le nom d'apnée. Si sur un animal l'insufflation pulmonaire en diminuant de plus en plus de deux insufflations successives, les mouvements se ralentissent et finissent par cesser tout à fait, et les autres fonctions, mouvements du cœur, actions continuent à s'exécuter comme à l'état normal.

Dyspnée. — La dyspnée se présente toutes les fois que les échanges gazeux respiratoires ne se font pas avec facilité. On peut produire la dyspnée de deux façons : 1° par les pleèvres, ce qui amène l'affaissement d'un ou des deux poulmons, 2° par le rétrécissement des voies aériennes qui diminue l'abord de l'air dans les poulmons. Quel que soit le mode de production, la dyspnée se traduit par l'exagération des mouvements d'inspiration, non-seulement les muscles ordinaires, comme le diaphragme, se contractent plus fortement que d'habitude, mais on voit entrer en action des muscles qui, à l'état ordinaire, ne participent pas à l'acte respiratoire, tels sont les muscles scalènes, les dentelés antérieurs, aussi les côtes supérieures se soulèvent-elles avec l'inspiration, et le larynx, presque immobile dans l'état ordinaire, s'abaisse fortement, ce qui est un des caractères distinctifs de la dyspnée.

Asphyxie. — On peut distinguer l'asphyxie produite par l'occlusion complète de la trachée, c'est l'asphyxie lente, dans laquelle l'occlusion est

premier stade, qui dure environ une minute, on re-
 çoit de la dyspnée et des mouvements inspiratoires
 très-marqués, surtout pour les muscles thoraciques;
 les muscles abdominaux se contractent énergiquement, et à
 la première minute, apparaissent des convulsions d'a-
 ction expiratoires, puis accompagnées de spasmes plus
 irréguliers des membres et surtout des muscles

second stade, qui a à peu près la même durée, les con-
 vulsions cessent, quelquefois tout à fait, et les mouvements
 respiratoires sont à peine perceptibles. La pupille est dilatée; les
 pupilles sont dilatées; les actions
 ne se ferment plus si on tou-
 rné; les actions
 cessé; tous les muscles,
 inspireurs, sont
 lâchement; la pression ar-
 baisse; il y a en
 calme général qui contraste
 avec l'agi-
 tation précédente.

troisième période, qui dure à trois minutes, les
 actes d'inspiration deviennent de plus en plus faibles et es-
 sés; les muscles inspireurs accessoires se contractent spasmo-
 diquement, bientôt après, les spasmes gagnent d'autres muscles
 et bientôt les extenseurs; la tête se renverse en arrière,
 tend et s'incurve en arc; les membres sont dans l'ex-
 tension; les narines sont dilatées; des bâillements convulsifs se
 produisent et la mort ne tarde pas à arriver.

Les phénomènes de l'asphyxie lente suivent la même marche,
 mais avec beaucoup moins de rapidité dans leur produc-
 tion. Là encore on retrouve les trois périodes de convul-
 sions inspiratoires, de calme et de convulsions inspiratoires.

Revue. — J. ROSENTHAL : *Die Athembewegungen*, 1862. — MAREY : *Pneu-*
matologie (Journal de l'Anatomie, 1865.) — BERT : *Leçons sur la physiologie*
de la respiration, 1870. — F. RIKOBL : *Die Athembewegungen*, 1873.

3^e PHONATION.

se produit dans le larynx; dans les conditions ordi-
 naire de respiration, l'air traverse cet organe sans déterminer
 rien de remarquable autre qu'un léger souffle à peine perceptible :
 dans le larynx et en particulier la glotte se modifient de
 manière à produire, comme on l'a vu dans la description
 que nous en avons donnée plus loin, le courant d'air expiré déter-
 mine la formation d'un son, son vocal ou voix.

Tous les corps, quel que soit leur état, solide, ils sont susceptibles de vibrer, pourvu qu'ils soient ébranlés par leurs vibrations des sensations auditives. Consistent en des mouvements de va-et-vient, en des molécules du corps sonore autour de leur position, mouvements de va-et-vient qui se transmettent de proche en proche aux molécules voisines. Il y a donc deux choses bien distinctes : le mouvement de va-et-vient des molécules et la propagation de ce mouvement.

Le mouvement de va-et-vient des molécules est appelé une *vibration* ou une *oscillation*. Les vibrations sont longitudinales ou transversales, longitudinales, quand le mouvement des molécules se fait dans la même direction que de la vibration (ex. : dans l'air), transversales quand il est perpendiculaire à cette direction (ex. : une corde qui vibre autour de sa position d'équilibre).

Dans la propagation des vibrations, soit longitudinales, chaque point du milieu parcouru par le mouvement passe successivement par les mêmes phases. On appelle cette progression du mouvement vibratoire qu'il se fait avec la vibration des molécules, et on donne le nom de *longueur d'onde* à la distance qui sépare deux points du corps qui se trouvent, au même instant, à la même phase du mouvement. Cette longueur d'onde est constante pour un nombre déterminé de vibrations par seconde dans le même milieu, elle est inverse de la durée de la vibration et en raison inverse de la fréquence. Dans les vibrations longitudinales, chaque ondulation se compose d'une *onde condensée* et d'une *onde dilatée*.

constante pour chaque milieu, par le nombre des vibrations par

$$l = \frac{v}{n}.$$

Les vibrations sonores peuvent être régulières et périodiques, c'est-à-dire que le mouvement des molécules se reproduit exactement dans des périodes de temps rigoureusement égales. C'est à ce genre de sons que correspond la sensation de son musical. Quand les vibrations sont irrégulières et non périodiques, ou quoique régulières et périodiques se mélangent irrégulièrement, nous avons la sensation d'un bruit. On est de même quand elles se réduisent à des chocs instantanés. On peut représenter graphiquement et d'une manière très-simple les vibrations sonores. Soit fig. 105 AN, la durée d'une vibration trans-



Fig. 105. — Vibration pendulaire.

La courbe ABC représentera les positions successives occupées par un point vibrant dans la première moitié de l'ondulation (phase positive), CDN, les positions occupées pendant la deuxième moitié de l'ondulation (phase négative). On peut aussi considérer AN comme la durée d'une vibration complète, ou la longueur d'onde ; la courbe ABC représentera, dans ce cas, les positions simultanées de chacun des points du corps vibrant pendant la phase positive, CDN, dans la phase négative. On a dans ce cas la même figure pour le mouvement vibratoire. La même figure peut servir pour les vibrations longitudinales. AN représente la durée de la vibration, ou la longueur d'onde condensée, CDN l'onde dilatée ; les hauteurs PD, ED, représentent les vitesses des molécules dans la fraction correspondante de la durée de la vibration, autrement dit, le degré de condensation ou de dilatation des molécules, et les courbes ABC, CDN représentent les différents états d'une molécule vibrante. Si AN représente la durée d'une vibration, la courbe représentera alors l'état des molécules dans toute l'étendue de l'ondulation.

Dans beaucoup de cas, ces vibrations sonores peuvent être enregistrées directement à l'aide d'appareils particuliers dont la description se trouve dans les traités de physique (*méthode de Duhamel, phonautographe, méthode optique de Lissajous, etc.*).

tante pour une vibration pendulaire donnée, quelle que soit la période. Plus cette durée est petite, plus la molécule vibre un grand nombre d'oscillations dans l'unité de temps, aussi remplace-t-on la notion de durée par celle du nombre de vibrations. Le nombre est en raison inverse de la durée de la vibration. Si la durée de la vibration est d , il suffit de diviser l'unité de temps par le nombre de vibrations. $d = \frac{1}{n}$. A la durée, correspond la

hauteur du son.

La forme de la vibration pendulaire est constante. Mathématiquement, elle a pour caractère que la distance du point à sa position première est égale au sinus d'un arc proportionnel au temps. On la nomme vibration *sinusoïdale*. Pour la représentation graphique d'une vibration pendulaire, il suffit de faire vibrer les branches d'un diapason un stylet qui trace les mouvements et vient de cette branche, sur un cylindre enregistreur, représente une vibration pendulaire.

2° *Vibrations composées.* — Les vibrations composées sont formées par la réunion de vibrations simples, pendulaires. Tant qu'elles ne présentent que des différences d'amplitude et de durée, elles ont toujours la même forme, les vibrations composées peuvent avoir une infinité de formes différentes.

Pour trouver la forme de vibration composée correspondante à plusieurs vibrations simples, il suffit de tracer les vibrations simples, et de faire leur somme algébrique; cette somme représentera la vibration composée.

Des vibrations simples, de durée égale ou non, peuvent donner des vibrations composées plus complexes si l'on fait varier les deux vibrations simples une différence de phase.

de, elles s'annulent réciproquement (voir *Fig. 106*). Quand, au contraire, comme dans la figure 107, les ondes condensées et les ondes

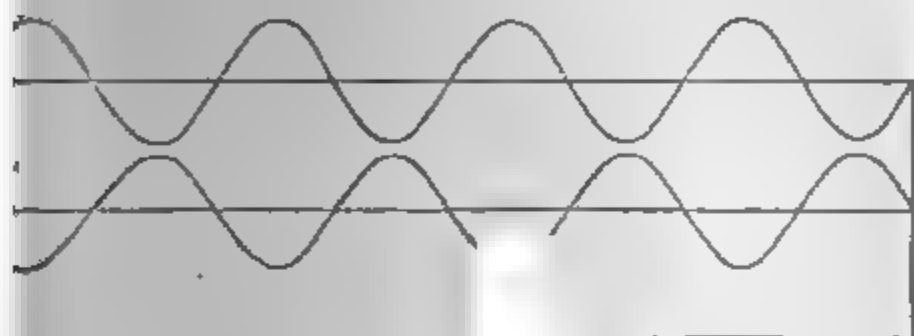


Fig. 106. — Interférence de deux sonores.

les correspondent respectivement à la courbe 3.

deux vibrations simples, de même période, et, il arrive des moments dans

la vibration composée à la

peu inégale, mais très-voisine, la série des mouvements vibra-

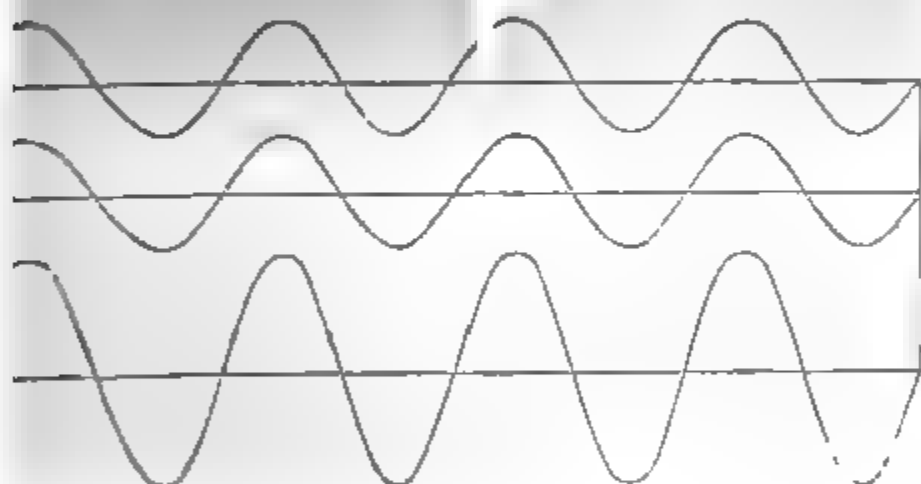


Fig 107. — Correspondance de deux ondes sonores.

les vibrations s'ajoutent et d'autres au contraire où elles s'annulent. Alors intervient le phénomène des *battements* qui se manifeste à propos des sensations auditives.

Les vibrations simples sont très-rares dans la nature. La plupart des sons que nous entendons sont des vibrations composées, comme dans la plupart des instruments.

Dans une vibration composée, il est rare que toutes les vibrations qui la composent aient la même intensité. En général, l'une d'elles domine : c'est ce qu'on appelle le *son fondamental* ; les autres, qui produisent les *sons partiels*, sont habituellement beaucoup plus faibles.

Les vibrations partielles ont, en général, une durée moindre que la vibration fondamentale, autrement dit la hauteur des sons correspondants est plus considérable. Dans les instruments musicaux, dans la

Sons résultants. — Lorsque deux sons, de hauteur d'émis simultanément, il se produit de nouveaux sons, appelés *sous résultants*. Ils sont de deux espèces ; les uns, *sous différentiels*, intenses, ont un nombre de vibrations égal à la différence de vibrations des deux sons primitifs ; ainsi, si les deux sons ont 400 et 300 vibrations par seconde, le son différentiel a 100 vibrations ; les autres, *sous additionnels*, très-faibles, ont un nombre de vibrations égal à la somme des nombres de vibrations des deux sons primitifs ; ainsi, dans le cas précédent, il y a 700 vibrations. Les harmoniques peuvent produire des sons résultants aussi bien que les sons fondamentaux.

2° *Propagation des vibrations sonores*

Les vibrations des corps sonores se transmettent aux milieux ambiants, air, liquides, solides, immédiatement en contact avec le corps vibrant, et se propagent ensuite dans ces milieux. Ces vibrations conservent la même vitesse et la même durée que les vibrations primitives ; le nombre de vibrations par seconde reste le même, la hauteur du son ne change pas, mais il n'en est plus de même de l'intensité ; l'amplitude des vibrations varie ; elle diminue en passant d'un milieu moins dense à un milieu plus dense ; elle augmente dans le cas contraire. En outre, dans cette transmission d'un vibratoire d'un corps à un autre, le mode même du mouvement peut varier ; c'est ainsi que les vibrations transversales des cordes donnent naissance à des vibrations longitudinales de l'air.

En passant d'un milieu dans un autre, toutes les ondes sonores ne sont pas réfractées ; une partie est réfléchie d'après les lois de la réflexion, une partie suit celles de la diffraction, une

un corps sans le déplacer en masse, ou bien au contraire, l'intensité des vibrations, soit par la faible masse du corps, soit dans sa totalité et exécute de véritables oscillations d'ensemble. Les vibrations sont moléculaires dans le premier cas, totales dans le second. Les deux espèces peuvent du reste coexister.

Propagation des vibrations sonores dans l'air. — Les vibrations sont toujours longitudinales. Elles se propagent dans ce milieu à 333 mètres par seconde à 0°, 340 mètres à 15°; c'est ce qui détermine la vitesse du son dans l'air.

Influence. — La transmission du son présente certaines circonstances qui sont le mécanisme de la phonation et qui sont appelées sons par influence. Ce sont des vibrations de transmission de vibration. Les vibrations de l'air n'ont pas une force suffisante pour faire entrer en vibration un corps solide d'un certain poids. Les corps sonores, corde, etc., ont leur son propre, c'est-à-dire que leur vibration est déterminée par leur tension, leur masse, leur forme, etc., et correspond à un nombre déterminé de vibrations par seconde, suivant une expression musicale, accordée pour un son déterminé. Ce son résonne, c'est-à-dire quand la masse aérienne qui l'entoure fait le nombre de vibrations qui correspond à ce son,

les vibrations de l'air aux vibrations du corps. C'est une circonstance importante à connaître pour la phonation. Je veux parler du mécanisme de la résonance, qu'il n'y ait là qu'un cas particulier. En général, les vibrations d'un corps sont suffisantes pour faire entrer en vibration l'air qui l'entoure; il y a pourtant à cela des exceptions. Les cordes, les membranes, etc., ont ce qu'on appelle un son propre. Quand un corps est en vibration, ils donnent un son déterminé par leur élasticité, un son d'une certaine hauteur. Si le nombre de vibrations de la masse aérienne ne coïncide pas avec le nombre de vibrations du son propre du corps, celui-ci reste immobile. En construisant d'avance une série de globes, résonneurs (fig. 108) accordés pour les différentes hauteurs de son, on obtient ainsi autant d'analyseurs du son; il suffit d'introduire l'extrémité d'un de ces globes dans l'oreille pour rendre



— Résonnateur d'Helmholtz.

très facilement le son extérieur correspondant au son propre du corps et celui-là seulement; on peut par ce moyen reconnaître les sons partiels contenus dans un son composé, et avec une série de résonneurs convenablement choisis, analyser tous les sons composés.

La transmission du son par influence peut encore se produire quand le son émis n'est pas exactement à la même hauteur que

cependant pas d'être plus parfait encore que les dents. Faites vibrer un diapason, et quand le son sera près de s'éteindre, placez la tige du diapason entre les dents, le son se renouvellera. L'usage du stéthoscope en auscultation repose sur la transmission par les solides. (Voir aussi : *Physiologie de l'audition*.)

3° Production des sons dans les instruments musicaux.

1° *Instruments à cordes.* — Dans les instruments à cordes, le son serait très-faible si des corps, dits *résonnants* (corps solides, masses d'air enfermées, etc.), ne venaient renforcer le son. La hauteur du son varie avec la longueur des cordes, avec leur épaisseur et leur densité, d'après les lois suivantes.

Le nombre de vibrations est en raison inverse de la longueur des cordes ; quand une corde vibre dans toute sa longueur, elle donne le son le plus grave qu'elle puisse donner, son *fondamental*. Si on partage la corde en deux parties égales par un chevalet, chaque partie vibre séparément et donne l'octave du son fondamental, c'est-à-dire un nombre double de vibrations.

Le nombre de vibrations est proportionnel à la racine carrée de la tension. Pour qu'une corde donne l'octave en conservant la même longueur et épaisseur, il faut que sa tension soit quatre fois plus considérable, ou qu'elle soit tendue par un poids quatre fois plus fort.

Le nombre de vibrations est en raison inverse du carré de l'épaisseur ; les cordes les plus épaisses donnent les sons les plus graves.

Enfin le nombre de vibrations est en raison inverse de la densité ; les cordes les plus denses donnent les sons les plus graves.

du son. Deux conditions influencent surtout la hauteur du son des instruments à vent, les dimensions du tuyau et la force du courant d'air qui arrive sur l'embouchure ; les sons sont d'autant plus élevés que le tuyau est plus court et plus étroit ; la hauteur du son augmente avec la force du courant d'air et l'augmentation de tension des cordes vibrantes.

Instruments à anches. — On a longtemps discuté pour savoir si, dans les instruments à anche, le son était produit par les vibrations de l'anche ou par celles de l'air. La question semble aujourd'hui résolue par les expériences d'Helmholtz ; il a démontré, à l'aide du microscope à courbure, que les anches exécutent des vibrations *simples* tout à fait différentes de celles qui se produisent par elles-mêmes pour produire les sons de ces instruments ; l'anche ne fait que régler le son qui sort de l'embouchure (qui devient complexe) et par conséquent la période du son.

Les anches se divisent en anches rigides et anches membraneuses. La question que de ces deux types le plus simple d'anche membraneuse est constitué par une lame percée d'une fente et tendue à l'extrémité d'un tube par lequel elle vibre. Les lois des vibrations des anches membraneuses simples ont été étudiées par J. Müller. Les nombres de vibrations hauteur suivent les mêmes lois que pour les instruments à cordes ; l'écart de la fente n'a pas d'influence sur la hauteur du son, mais les anches produisent avec d'autant plus de facilité que la fente est plus étroite. En outre, la force du courant d'air augmente la hauteur du son. Tous ne sont plus les mêmes dans les anches dites *composées*, c'est-à-dire dans lesquelles l'anche est surmontée d'un tuyau additionnel, comme dans les instruments de musique. Dans ce cas, la hauteur du son est influencée par la longueur du corps, le son devient de plus en plus bas à mesure que le corps s'allonge, mais il ne tombe jamais au-dessous de la hauteur fondamentale de l'anche ; puis pour une longueur déterminée, le son revient au son fondamental de l'anche, ensuite un allongement nouveau du corps le fait baisser de nouveau et ainsi de suite.

2. — PRODUCTION DU SON DANS LE LARYNX.

Méthodes. — 1° *Larynx de cadavres.* — Ferrein et surtout J. Müller, Riecke, Rinne, etc., ont étudié la formation de la voix sur des

larynx à vibrations est un instrument dont le principe a été imaginé par Helmholtz et qui permet d'observer facilement la courbe de vibration isolée d'un corps vibrant. (Voir les Traites de physique.)

larynx humain. Les cordes vocales sont remplacées par des cordes élastiques (caoutchouc, membranes artérielles, etc.), et l'appareil varie tellement suivant les expérimentateurs qu'il est impossible d'entrer dans une description détaillée de ces divers appareils.

3° *Observation directe sur les animaux, vivisection.* — On a pratiqué chez les animaux, comme l'ont fait Longet, Segond, et autres, l'incision de la membrane thyro-hyoldienne, saisir l'épiglotte avec une pince et ramener le larynx en avant de façon à mettre sa structure en évidence.

4° *Observation directe sur l'homme, laryngoscopie.* — Garcia (en 1854) fut le premier qui observa directement le larynx du vivant. Il introduisit dans l'arrière-bouche un petit miroir préalablement chauffé pour éviter la condensation de la vapeur d'eau. Le miroir était incliné de façon à recevoir les rayons réfléchis par le larynx et l'image renversée de la glotte était renvoyée par le miroir dans l'œil de l'observateur. Le procédé imaginé par Garcia fut perfectionné par Czermak, Turck, Mandl, etc., et le miroir laryngoscope a rendu les plus grands services à la physiologie et à la médecine. Les figures 97 et 98 (page 567) représentent les parties supérieures du larynx telles qu'on les voit dans la laryngoscopie ordinaire et profonde.

Le larynx ne peut être assimilé complètement à un instrument à anches connus ; mais il se rapproche beaucoup plus de ces instruments à anches. Les cordes vocales inférieures ressemblent à des anches membraneuses, mais des anches ordinaires ont ce caractère particulier de pouvoir varier à volonté de longueur, d'épaisseur, de largeur et de tension.

Conditions de la production de la voix.

Conditions sont essentielles pour la production de la voix : tout d'abord que le courant d'air expiré présente une pression, et en second lieu que les cordes vocales soient

Condition du courant d'air expiré. — Pour que l'air puisse faire vibrer les cordes vocales, il faut qu'il traverse la glotte, la fente où il traverse la glotte, la fente pour écartier les cordes vocales. Cette pression a pu être mesurée dans la trachée; Cagnard-Latour a mesuré des hauteurs d'eau pour les sons les plus élevés, 945 pour les sons les plus élevés possibles.

Pour que l'air puisse faire vibrer les cordes vocales, il faut que cet air passe sous une pression, qu'il s'écarte de leur position d'équilibre en adaptant un manomètre (sur une femme) à la hauteur, 200 pour les sons les plus élevés possibles.

Condition du son, il faut, d'une part, que la masse gazeuse aérienne soit comprimée par l'action des muscles et il faut, d'autre part, que cet air ainsi comprimé ne s'échappe trop rapidement; de là la nécessité, dans la production du son, de donner à la glotte la forme d'une fente étroite qui permet à la sortie de l'air expiré et permette à cet air de se maintenir sous la pression nécessaire pendant la production du son. On voit-on une ouverture à la trachée abolir instantanément en permettant l'issue facile de l'air expiré et en diminuant par conséquent sa pression au-dessous du minimum possible. Si la voix ne peut se produire à l'expiration (sauf quelques cas exceptionnels), c'est uniquement parce que la pression de l'air inspiré est trop faible pour faire vibrer les cordes.

Condition des cordes vocales. — Pour que les cordes vocales puissent vibrer, il ne suffit pas que le courant d'air expiré ait une certaine pression, il faut encore que les cordes vocales soient sous cette tension à leur longueur, en largeur et en épaisseur. La tension en longueur se fait par l'écartement de leurs points d'insertion antérieur et postérieur; la tension en largeur par leur rapprochement de la ligne médiane et le rapprochement de la glotte; leur tension en épaisseur par la contraction du faisceau interne du thyro-aryténoïdien; la corde

vocale forme ainsi un ensemble élastique susceptible. En outre, la force ou la pression du courant d'air expiré agit aussi sur la tension de la corde vocale.

La physiologie des muscles qui agissent sur les cordes vocales pour faire varier leur longueur, leur tension et les di-

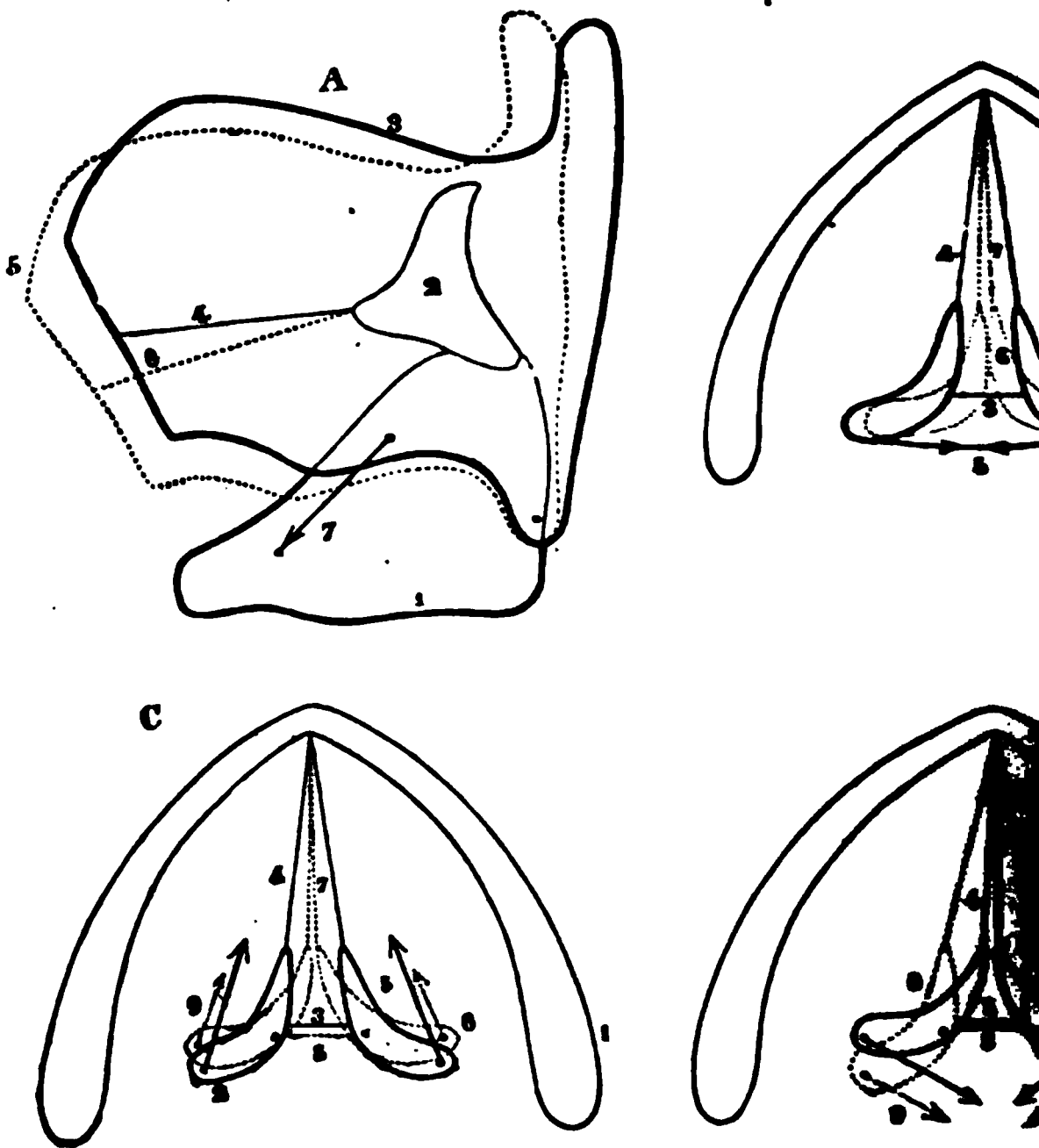


Fig. 109 — Action des muscles du larynx. (Beauvais et Bouché)

la glotte, est étudiée dans les traités d'anatomie, aux-
voies. Je me contenterai de donner ici une figure schém-

Fig. 109. — Les lignes ponctuées indiquent la position nouvelle prise par les cordes vocales inférieures par l'action du muscle; les flèches indiquent la direction dans laquelle s'exerce la traction des fibres musculaires.

A. Action du crico-thyroïdien. — 1. Cartilage cricoïde. — 2. Cartilage thyroïde. — 3. Corde vocale inférieure. — 4. Corde vocale supérieure. — 5. Cartilage thyroïdien. — 6. Corde vocale inférieure (id.).

B. Action de l'aryténoïdien postérieur. — 1. Coupe du cartilage thyroïdien aryténoïde. — 2. Bord postérieur de la glotte. — 3. Corde vocale. — 4. Fibres musculaires. — 5. Cartilage aryténoïde (nouvelle position). — 6. Corde vocale.

C. Action du crico-aryténoïdien latéral. — Même signification des chiffres. — 7. Direction des fibres musculaires (supérieure de la glotte (nouvelle position)). — 8. Direction des fibres musculaires (inférieure de la glotte (nouvelle position)).

D. Action du crico-aryténoïdien postérieur. — Même signification des chiffres.

le lecteur les notions les plus essentielles sur l'action des muscles.

Sur tant un de ces muscles qui, à cause de son importance une mention spéciale c'est le thyro-aryténoïdien contenu dans l'épaisseur même de la corde vocale. Ses fibres sont intimement rattachées par du tissu élastique profonde de la muqueuse, de sorte qu'il ne peut pendant la vie et à l'état normal, de vibration isolée du bord du bord libre de la corde vocale: le tout, muscle, ligament et muqueuse, constitue au contraire un petit système, inséparable et solidaire, dont la tension est sous la dépendance immédiate de la contraction du muscle.

2° Émission du son.

Quand on se dispose à émettre un son, la glotte se ferme, soit totalement (fig. 110), soit seulement dans sa partie supérieure (fig. 111), ou se rétrécit simplement sans se fermer.

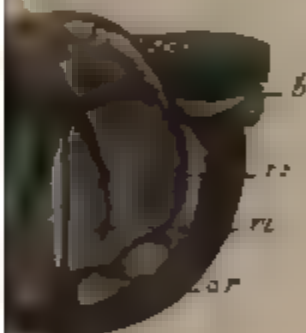


Fig. 110. — Occlusion préalable pour l'émission d'un son (Mandl.)



Fig. 111. — Occlusion de la partie ligamentueuse de la glotte. (Mandl.)

(fig. 112, page 590). Il y a donc occlusion plus ou moins due au rapprochement des cartilages arytenoïdes et des apophyses vocales. En même temps les cordes vocales prennent le degré de longueur et de tension qui correspond au son qu'il faut émettre.

Une fois ainsi disposé, l'émission du son se produit, les cordes vocales se frottent brusquement l'une de l'autre et entrent en vi-

bouffées de l'épiglotte. — rs, corde vocale supérieure. — rl, corde vocale inférieure. — ar, cartilage aryténoïdien. — c, cartilage cunéiforme. — ar, cartilage aryténoïdien. — c, cartilage cunéiforme. — ar, cartilage aryténoïdien. — c, cartilage cunéiforme. — ar, cartilage aryténoïdien. — c, cartilage cunéiforme.

bration sous l'influence du courant d'air expire, chez la glotte.

Ces vibrations sont faciles à constater au larynx. On est aise de voir que toute l'épaisseur de la corde vocale participe à l'oscillation. Ces vibrations sont transversales, la corde vocale est poussée en haut par le courant d'air, comme le serait une corde sous l'action d'un archet, puis quand son élasticité fait équilibre à la pression de l'air expiré, elle redescend en dépassant sa position d'équilibre, est repoussée de nouveau par l'air expire et exécute ainsi une série de mouvements de va-et-vient, de vibrations dont le nombre varie suivant des conditions qui seront étudiées. Jamais on n'a observé de vibrations des cordes vocales.

Les vibrations des cordes vocales inférieures, par elles-mêmes, ne donneraient que de faibles sons; mais ces oscillations produisent des chocs rapides et périodiques de l'air expiré contre la paroi glottique et font entrer en vibration l'air contenu dans la cavité nasale sonore, c'est-à-dire dans les cavités situées au-dessus de la glotte. Dans le larynx donc, comme dans les instruments à vent, l'air qui est le corps sonore, et les cordes vocales, régler la périodicité et les caractères du son.

3° Caractères de la voix.

1° *Intensité.* — L'intensité de la voix dépend de l'amplitude des vibrations des cordes vocales, et par conséquent est sous la dépendance immédiate de la force du courant d'air expire. L'intensité du son laryngien est renforcée par la résonance des masses d'air contenues dans les cavités nasales, glottiques et des parois de ces cavités. La trachée et

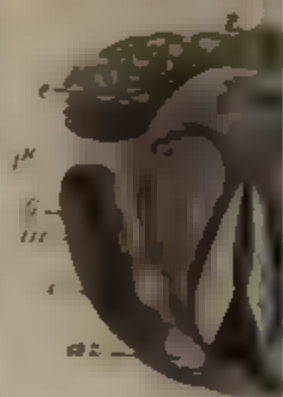


Fig. 112. — Retraitement du larynx (Mod. J.) (Vad.)

Fig. 112. l, langue. — e, épiglote. — pr, repli pharyngo-épiglottique. — ad, repli ary-épiglottique. — c, cartilage cricoïde. — r, repli interaryténoïdien. — o, glotte. — v, ventricule. — s, corde vocale supérieure.

ient agissent comme appareil résonnant; quand la poitrine est large et spacieuse, la voix est plus forte. On sent du faitement, en appliquant la main sur les parois thoraciques pendant l'émission d'un son et surtout d'un son grave, les vibrations de ces parois.

Hauteur du son. — La hauteur de la voix dépend du nombre des cordes vocales et de l'air du tuyau sonore. Les vibrations sont rapides, plus le son est aigu. Les lois qui régissent la hauteur du son pour le larynx sont les mêmes que pour les membranes élastiques et les lanches membraneuses. Les facteurs qui ont le plus d'influence sont : la longueur, la largeur et la tension des cordes vocales. Les cordes vocales des enfants, moins longues et moins larges, donnent aussi des sons plus aigus. Les cordes vocales sont moins tendues dans les sons graves, plus tendues dans les sons élevés.

Le courant d'air peut faire hausser aussi la hauteur du son. On a vu dans ses expériences qu'en forçant le courant d'air pouvait faire monter le son d'une quinte, la tension des cordes restant la même.

La longueur du porte-vent (trachée) et du tuyau sonore (larynx, etc.) n'a aucune influence sur la hauteur du son. L'ascension du larynx qu'on observe dans les sons aigus est donc un phénomène accessoire et sans importance essentielle dans la production du son. Cette ascension du larynx dans les sons aigus est-elle due à la pression seule de l'air, ou à l'action des élévateurs de l'os hyoïde ? Il est difficile de décider la

La voix humaine peut donc émettre des sons de hauteur variables seulement dans de certaines limites; l'étendue de la série de sons que peut parcourir la voix du grave au aigu est en moyenne de deux octaves, et peut être portée à trois octaves et demie par l'exercice, et ce n'est que dans des cas particuliers que cette étendue atteint trois octaves et même quatre octaves et demie, comme chez le célèbre chanteur Farinelli. Dans le rôle ordinaire, la voix ne parcourt guère qu'une demi-

octave moyenne de deux octaves attribuée à la voix humaine, suivant les individus et les sexes, correspondre à des notes plus ou moins élevées de l'échelle musicale, et on a pu se faire une idée des voix, en allant des plus basses aux

plus élevées, en voix de basse, baryton, ténor (homme) et de contralto, mezzo-soprano et soprano (femme). Le tableau suivant, cette classification en regard de l'échelle musicale, en même que le nombre des vibrations doubles pour chacun des

Octave		NOMBRE			
		de vibrations doubles.			
quarte de	1/2 pied.	Ut....	1056	Soprano.	
tierce de	1 pied.	Si....	990		
		La....	880	Mezzo-soprano.	
		Sol...	792		
		Fa....	704	Contralto.	
		Mi....	660		
		Ré....	594		
		Ut....	528		
seconde de	2 pieds.	Si....	495	Ténor.	
		La ⁽¹⁾ ...	440		
		Sol...	396		
		Fa....	352	Baryton.	
		Mi....	330		
		Ré....	297	Basse.	
		Ut....	264		
Petite octave de	4 pieds.	Si....	247,5		
		La....	220		
		Sol...	198		
		Fa....	176		
		Mi....	165		
		Ré....	148,5		
		Ut....	132		
Grande octave de	8 pieds.	Si....	123,75		
		La....	110		
		Sol...	99	Baryton.	
		Fa....	88		
		Mi....	82,5	Basse.	

On voit par ce tableau que la voix humaine se meut de l'échelle de sons qui embrasse un peu plus de trois octaves.

(1) Le la du diapason officiel est en France de 435 vibrations.

iques voix exceptionnelles dépassent cette limite; la *Flûte enchantée*, atteint le *fa* de l'octave quarte, et d'une cantatrice, la *Bastardella*, qui donnait l'*ut* de l'octave correspondant à 2,112 vibrations.

En effet, pour une voix donnée, l'émission des sons graves et des sons aigus ne se fait pas de la même façon, et la production sur l'oreille dans les deux cas est différente; dans les sons graves, la voix est pleine, volumineuse et s'accompagne de la résonnance des parois thoraciques, c'est la *voix de poitrine*, ou *registre inférieur*; dans les sons aigus, la voix est plus perçante et la résonnance se fait surtout dans les parties supérieures du tuyau sonore, d'où le nom de *voix de tête*, ou *registre supérieur*. Les sons graves ne peuvent être donnés qu'en voix de poitrine, les sons aigus qu'en voix de tête; mais les sons intermédiaires peuvent être émis dans les deux registres, et les chanteurs peuvent même passer graduellement et par transitions de la voix de poitrine à la voix de tête, ce qui leur donne alors à la voix des caractères particuliers qui lui ont fait donner le nom de *voix mixte*.

La voix de poitrine et la voix de tête diffèrent non-seulement par leur timbre et les caractères sensitifs, mais elles diffèrent encore par la position même de la glotte.

Dans la *voix de poitrine*, la glotte interaryténoïdienne est ouverte, la glotte ligamenteuse représente une fente ellipsoïdale



Fig. 113. — Voix de poitrine, sons graves. (Mandi.)



Fig. 114. — Voix de poitrine, médium. (Mandi.)

comme dans les sons graves (fig. 113), un peu moins dans le médium (fig. 114) et très-étroite dans les sons aigus (fig. 115).

— *orl*, l'apophyse de l'épiglotte. — *or*, arête glottique. — *rs*, corde vocale supérieure. — *rinf*, corde vocale inférieure. — *rep*, repli ary-épiglottique. — *ar*, cartilages aryténoïdiens. — *orel*, glotte ligamenteuse. — *ore*, glotte interaryténoïdienne. Les autres sont les mêmes que dans la figure 113.

La constriction de la glotte, portée très-loin dans la trine, la rend très-fatigante. Les vibrations des cordes, surtout de leur partie ligamenteuse sont très-violentes, et s'accompagnent de vibrations marquées du stéthoscope, et s'accompagnent de vibrations marquées sensibles à la main des parois thoraciques.

Dans la voix de tête (fig. 116), la glotte inter-



Fig. 115. — Voix de poitrine; sons aigus.
(Mandl.)



Fig. 116. — Voix de tête.

est complètement fermée; la glotte ligamenteuse est ouverte et, au lieu de former comme dans la voix de poitrine une fente linéaire, représente une ouverture assez large, par conséquent une plus large issue au courant d'air. Aussi, pour une même quantité d'air inspiré, les notes de tête sont-elles tenues moins longtemps que les notes de poitrine (Garcia). En outre, les cordes vocales supérieures et les cordes vocales inférieures, qui ne peuvent vibrer par leurs bords (J. Müller) et leur partie moyenne fausset s'accompagne d'une résonnance dans la cavité nasale, nasale et buccale.

De nombreuses théories ont été faites pour expliquer le mécanisme de la voix de fausset. Le mécanisme décrit ci-dessus, celui qui a été admis par Mandl second, se basant sur ses expériences sur des chats, regardait la voix de fausset comme étant produite par les vibrations des cordes vocales supérieures. Pour la voix de poitrine, la glotte offrirait le contour d'un trou de flûte, et les cordes vibreraient plus à la manière d'une anche, mais c'est la voix de tête qui, comme dans la flûte, entrerait en vibration.

Fig. 116. — l, langue. — e, épiglote. — pe, repli pharyngo-épiglottique. — la, cordes vocales supérieures. — le, cordes vocales inférieures pharyngo-laryngées. — ar, cartilages aryténoïdes. — a, cartilage aryténoïde. — g, glotte vocale. — r, repli interaryténoïdien.

ce de la voix de fausset diffère du reste beaucoup du timbre de poitrine.

Timbre de la voix. — Le timbre de la voix, comme celui du son, dépend du nombre et de l'intensité des harmoniques. Le son est un son complexe, constitué par un son fondamental et un certain nombre d'harmoniques; Helmholtz, au moyen de résonateurs, a trouvé les six ou huit premiers harmoniques nettement perceptibles, seulement les harmoniques sont plus difficiles à percevoir dans la voix humaine qu'ans les autres instruments, à cause de l'habitude. Mais le timbre propre du son est fortement modifié par la résonance des cavités supérieures de la glotte, et principalement de la cavité buccale; certains harmoniques sont renforcés et les diverses positions de la bouche modifient la résonance et, par suite, l'intensité de tels ou tels harmoniques, ce qui fait changer le timbre de la voix.

On distingue dans la voix deux espèces de timbres, le *timbre clair* (voix blanche) et le *timbre sombre* (voix sombrée). Les physiologistes sont loin de s'accorder sur le mécanisme de ces deux espèces de voix; cependant on peut affirmer que les différences des deux timbres tiennent surtout au mode de résonance différent du tuyau sonore dans les deux cas.

Dans le *timbre clair*, le larynx est élevé, le tuyau sonore plus court, le porte-vent plus long, l'ouverture buccale largement ouverte; la vocalisation est plus facile sur les voyelles *e* et *i*.

Dans le *timbre sombre*, le larynx est abaissé, le tuyau sonore plus long, le porte-vent plus court, l'ouverture buccale est rétrécie, les premiers harmoniques du son laryngé fondamental sont renforcés, tandis que ce renforcement n'existe pas dans le timbre clair; la vocalisation est plus facile sur les voyelles *o*, *u*, *ou*, la vocalisation sur la voyelle *a* peut se faire aussi bien dans les deux timbres.

Force du son. — Pour que le son puisse être tenu un certain temps, il faut que le courant d'air expiré ne trouve pas une issue facile à travers la glotte; sans cela, sa pression diminuerait rapidement et ne suffirait plus pour faire entrer les cordes vocales en vibration. De là la nécessité d'une fente glottique étroite et d'un équilibre entre l'action des puissances expiratrices et des puissances inspiratrices pour régler le débit de l'air expiré, ce que Mandl a appelé la *lutte vocale*.

une augmentation graduelle de tension des cordes v
vu en effet, plus haut, que la force du courant d'air a
fluence sur la hauteur du son.

La *souplesse* et l'*agilité* de la voix dépendent de la m
laquelle se font les changements de tension des cordes

4° *Influence de l'âge et du sexe*

1° *Age*. — Chez l'enfant, la voix est plus aiguë et
de six ans, n'a guère plus d'une octave d'étendue.
puberté, les caractères de la voix sont à peu près les
la femme et chez l'homme, mais à partir de ce mom
subit des modifications considérables qui constitue
appelle la *mue* et qui correspondent à une congestio
vocales qui acquièrent alors leur développement co
caractères de l'état adulte. Pendant tout le temps de
voix est sourde, gutturale, enrouée, puis après la m
tate que la voix a baissé d'une octave chez les garço
tous chez les filles et qu'elle a subi en même temp
fications notables de timbre et d'intensité. Dans la
voix s'altère de nouveau; son intensité diminue, s
s'abaisse, son timbre change et elle devient chevrot
de la fatigue des muscles expirateurs.

2° *Sexe*. — Le tableau de la page 592 fait sentir
différences des voix de femme et des voix d'homme

a un autre timbre et est plus agile et plus souple que l'homme.

ix des *castrats* se rapproche de la voix enfantine, mais is d'ampleur et de développement. Il n'y a pas encore ptemps que la castration était pratiquée dans le but de les chanteurs pour les solennités religieuses et artistiques rticulier pour la chapelle papale.

ries de la voix. — Les nombreuses théories de la voix is qu'un intérêt historique (puis les travaux modernes t depuis l'invention du laryngoscope. Aussi je me con- de renvoyer pour cette question aux traités spéciaux cités bibliographie.

aphie. — DODART : *Sur les Causes de la voix de l'homme* (Mém. de les sciences, 1700 à 1707,). — FERRI : *De la Formation de la voix de* (Mém. de l'Acad. des sciences, 17. — SAVANT : *Mémoire sur la voix* Annales de chimie et de phys., 188. — MALGAIGNER : *Nouvelle Théorie* e humaine (Archives génér. de méd., 1830). — J. MÜLLER : *Traité de* de, traduction française, 1845 et 18. — PÉTERQUIN et DIDAY : *Mémoire* eunisme de la voix de fausset (Gaz. médical, 1844). — GARCIA : *Mémoire* ez humains, 1847. — A. SEGOND : *Sur la Parole, etc* (Arch. de méd., 1848. — C. L. MEERKL : *Anat. und Physiologie des menschlichen Stimm- und* gans, 1857. — J. CZERMAK : *Du Laryngoscope*, 1860. — C. BALTAILLÉ : *Re-* sur la phonation, 1861. — MOKKA-BUTROVILLON : *Cours complet de laryn-* 1861. — E. FOURNIE : *Physiologie de la voix et de la parole*, 1868. — LIZ : *Théorie physiologique de la musique*, 1868 et 1874, traduit par GRÉ- -M. J. ROSSBACH : *Physiologie der menschlichen Stimme*, 1869. — L. MANDL : *ntique des maladies du larynx*, 1872.

4° PAROLE.

ole se compose de sons dits *articulés*, produits dans le tionnel (cavité buccale et pharyngienne) et qui se com- rec les sons laryngés proprement dits.

la parole à haute voix, le son laryngé se forme à la scale par le mécanisme décrit dans la phonation, et la ent dans ce cas recevoir le nom de *voix articulée*. Dans

à voix basse, au contraire, ou chuchotement, il n'y son laryngé que le frottement de l'air qui traverse la teraryténoldienne, la glotte vocale restant fermée. Il y mc entre la parole à haute voix et le chuchotement plus mple différence d'intensité. Cependant, d'après Czermak, vocale prendrait part au chuchotement.

des sons a lieu habituellement dans l'expiration ction de la voix ; ce n'est qu'exceptionnellement

Les cavités sus-laryngiennes, pharynx, bouche, fosses nasales, constituent une sorte de tube additionnel qui joue déjà, comme on l'a vu dans la phonation, un certain rôle dans la production de la voix, mais qui joue le rôle essentiel dans la production des sons articulés.

Ce tube additionnel présente des parties fixes, des parties variables de forme, comme les cavités nasales, et des parties mobiles, comme la langue, les lèvres, le voile du palais. Ces dernières qui, par leur variation, produisent les différents modes d'articulation, et les premières ne servent que de résonnance et de renforcement.

A sa partie supérieure, le tube additionnel se bifurque. Le courant d'air expiré a donc deux issues, par la bouche et par les fosses nasales, et comme on le verra plus loin, il y a à la disposition le point de départ d'une catégorie particulière de sons, sons nasaux, qui se produisent quand l'air passe par la bouche et par les fosses nasales. Mais les variations de la cavité buccale sont encore plus importantes, et ces variations sont amenées par les mouvements du voile du palais, de la langue, des lèvres, déterminent les différentes espèces de sons articulés.

Ces variations des cavités buccale et pharyngienne se produisent tantôt dans de simples changements de forme qui n'interrompent pas la continuité du tube additionnel, et laissent le courant d'air expiré, tantôt dans de véritables occlusions qui arrêtent momentanément la sortie de l'air. D'après la disposition

les régions d'articulation, tels sont l'isthme du gosier, compris entre les arcades dentaires et la pointe de la lèvre labiale. Cependant il ne faudrait pas croire que ces régions d'articulation soient strictement délimitées, et grâce à l'agilité de la langue, tous les points de la cavité buccale peuvent en réalité donner naissance à des sons.

2^e Caractères distinctifs des voyelles et des consonnes.

La première division qui se présente dans l'étude des sons est la division classique en voyelles et en consonnes (¹). Beaucoup ont discuté sur la valeur de cette division et sur les caractères distinctifs de ces deux ordres de sons, et en effet, les travaux récents de Willis et d'Helmholtz, l'oreille seule n'étant le meilleur criterium pour les distinguer les uns des autres, toutes les définitions données étaient-elles passibles d'exceptions (²) et beaucoup de physiologistes en étaient-ils arrivés à s'afondrer. Mais aujourd'hui cette distinction est faisable et elle donne raison à la doctrine classique.

Voyelles sont des sons formés dans le larynx et dont certains harmoniques sont renforcés par la résonance du tube vocal.

Consonnes sont des sons formés dans le tube additionnel ou dans les cavités par le son laryngien.

Les expériences sur lesquelles se base cette distinction des voyelles et des consonnes sont dues principalement à Helmholtz. La voix hu-

La division en voyelles et en consonnes existe dans toutes les langues. Les voyelles sont les sons purs du sanscrit, les sons-mères des Chinois, les lettres des Juifs, les *phonestes* des Grecs, les *Hauptlaute* des Allemands. Les consonnes sont les sons auxiliaires des Chinois, les *corps* des Juifs, les *symphona* des Grecs, les *Hilfslaute* des Allemands. Quelques-uns des principaux caractères distinctifs sur lesquels on s'appuie généralement : Les voyelles peuvent être émises seules, les consonnes ne peuvent être émises sans les voyelles. — Les voyelles sont des sons continus, les consonnes sont des bruits. — Les voyelles sont continues, les consonnes sont caractérisées par un arrêt momentané du courant d'air expiratoire. — Les voyelles sont des modifications simples de la cavité buccale, les consonnes sont des modifications doubles. Ce n'est pas ici le lieu de discuter les exceptions.

maine présente des harmoniques qu'on peut reconnaître à l'aide des résonnateurs. Or, la cavité buccale représente un résonnateur accordé pour un son déterminé, variable suivant de la cavité buccale et qui renforce l'harmonique correspondant à la voix laryngienne. Si on place successivement une série de vibrants devant la bouche ouverte, il arrive un moment où l'épave vibre avec une très-grande force quand il est d'accord avec la cavité buccale, et on peut ainsi, en faisant varier la forme de la cavité, trouver la hauteur du son correspondant. C'est grâce à cela que Helmholtz a trouvé les hauteurs suivantes pour les voyelles ; je donne à côté les résultats obtenus par Hermann

	Helmholtz.	Hermann.
OU	fa ²	Si ²
O	Si ²	Si ²
A	Si ²	Si ²
E	Si ² — fa ²	Si ²
I	Ré ² — fa ²	Si ²

Aussi comprend-on pourquoi les voyelles se chantent sur les notes dont un harmonique correspond au son propre de la

On peut mettre en évidence le timbre des voyelles à l'aide de *flammes manométriques*. Cette méthode, imaginée par Hermann

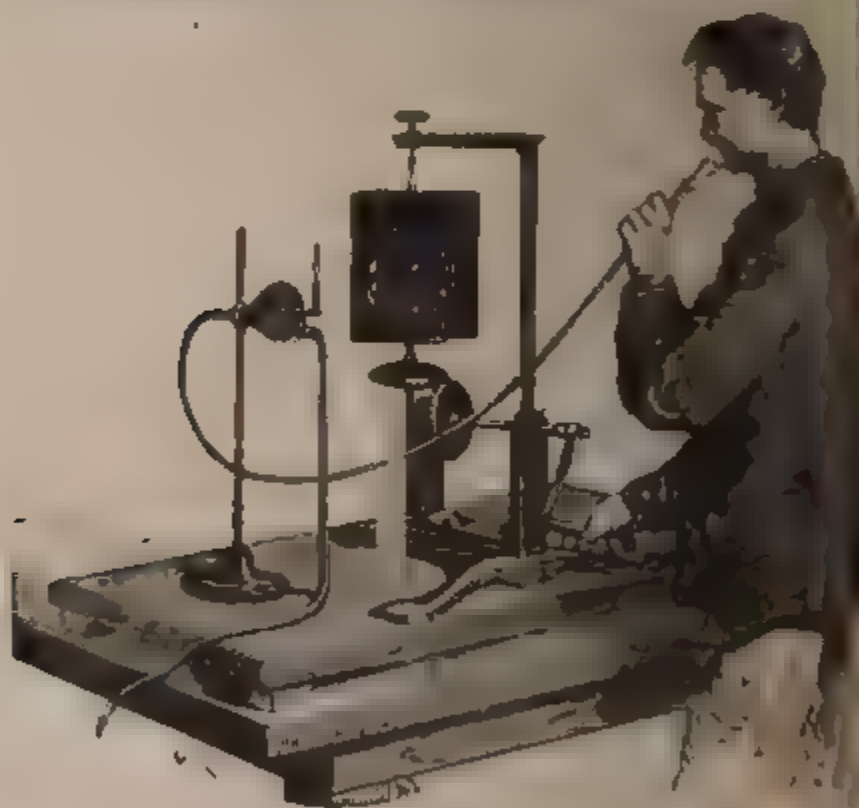


Fig. 117. — Méthode des flammes manométriques de Hermann (Voir page 601)

est vibratoire d'une masse d'air par l'agitation qui est communiquée à la flamme d'un bec de gaz (fig. 117, page 600).

Pour rendre visibles les variations de hauteur de la flamme, on place devant un miroir vertical qui tourne rapidement. Si la flamme ne varie de hauteur, on voit une bande lumineuse, si elle varie de hauteur, on voit des découpures dont la disposition correspond à ces vibrations sonores.

La fig. 118 représente l'appareil de Kœnig construit sur le même principe pour analyser les sons des voyelles, et la figure 119 donne,



Fig. 118 — Appareil à flammes manométriques de Kœnig.

Même physicien, la forme des flammes qui caractérisent les sons *o*, *ou*, chantés successivement sur les notes, *ut*¹, *sol*¹, indique immédiatement quels sont les harmoniques renforcés par la voyelle.

Mais on ne s'est pas contenté d'analyser le timbre d'un son, on est arrivé à les recomposer artificiellement. Willis avait

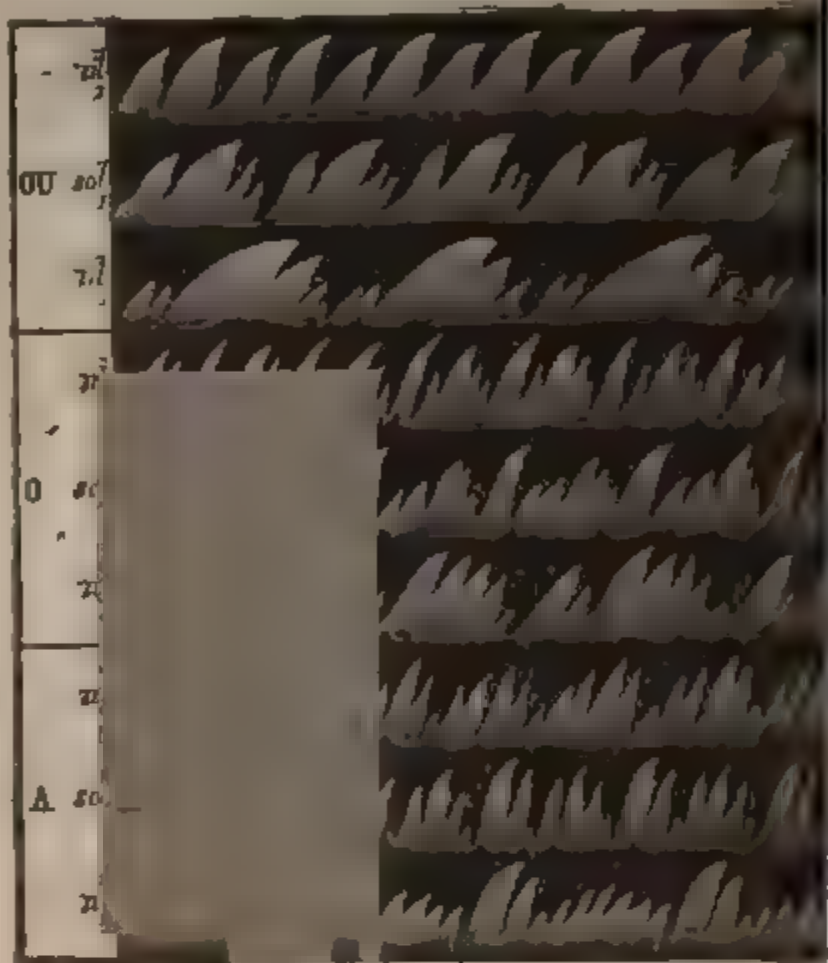


Fig. 119. — Timbre des voyelles A, O, Ou rendu visible par ses harmoniques (Kernig.)

les sons des voyelles à l'aide d'un ressort plus ou moins vibrant par une roue dentée ainsi qu'avec des tuyaux. Helmholtz est arrivé à des résultats beaucoup plus intéressants avec une série de diapasons mis en mouvement et dont le son était renforcé par des résonnateurs de chaque diapason. (Voir, pour la description de l'appareil, *Théorie physiologique de la musique*.)

Le timbre des consonnes est beaucoup plus difficile à reproduire que celui des voyelles.

3° Des voyelles.

Les voyelles sont formées dans le larynx comme les sons plus haut, et aucun son buccal ne se mêle au son

forme prise par la cavité buccale, la résonance varie et cette résonnance fait prédominer tel ou tel harmonique et détermine le timbre, la couleur de la voyelle.

Il y a un grand nombre de voyelles différentes qu'il peut y avoir dans la cavité buccale, et comme on peut passer insensiblement d'une forme à l'autre, il y a une infinité de voyelles possibles : mais on ne peut en désigner que six primitives.

Certaines voyelles primitives

qui se retrouvent à peu

près ces voyelles primitives

plus ou moins nom-

mément si on voulait

de dialecte, de langue e-

lémentaires sont au nombre de

sept et peuvent être considérées co-

mme les six voyelles primitives.

Elles sont : A, O, E, I, U, et

un E muet (comme

celui qui se trouve dans le

mot *écho*).

La cavité buccale se

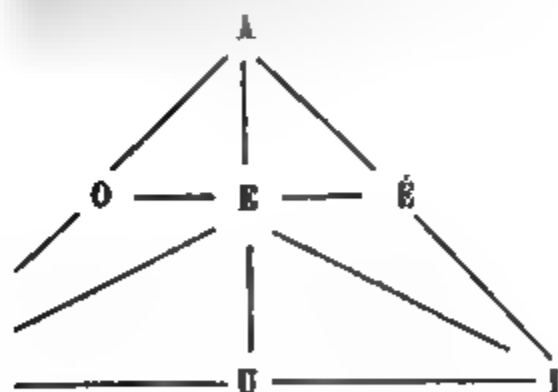
trouve dans une sorte de position d'équilibre, d'état indif-

férent, et pour sortir pour prendre alors la forme corres-

pondante des six voyelles primitives. La figure sui-

vante indique les rapports de cet E avec les six

voyelles entre elles :

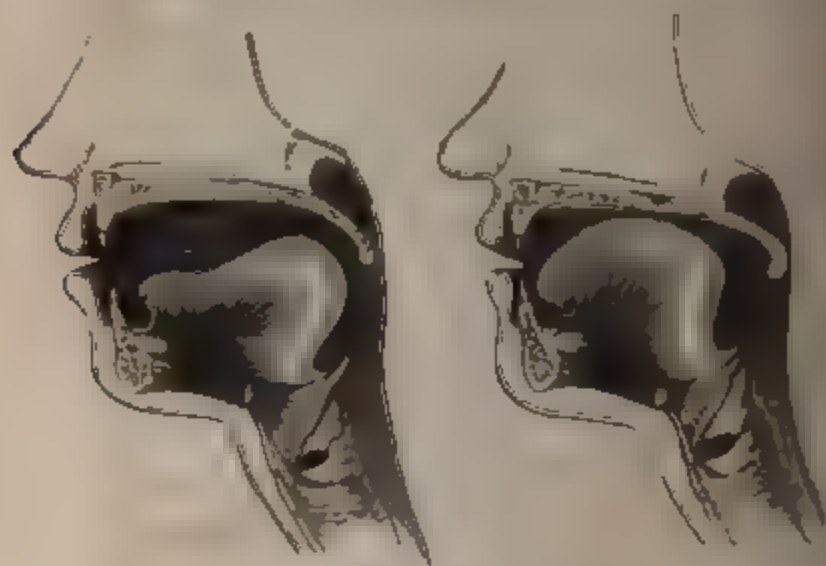


Les voyelles intermédiaires peuvent se placer entre deux voyelles voisines.

Les voyelles nasales donnent la forme de la cavité buccale

dans l'émission des trois voyelles principales OU, I et A (fig. 120, 121 et 122) :

Dans l'OU, la cavité buccale a la forme d'une



OU

Fig. 120.

I

Fig. 121.

arrondie sans col ou à col très-court, et l'orifice étroit (*fig. 120*) ; aussi l'OU donne-t-il le son le plus bas des voyelles.

Dans l'I (*fig. 121*), la langue est élevée et pressée contre le palais, dont elle n'est séparée que par un isthme étroit, si bien que la cavité buccale a la forme d'une fiole et à ventre très-court, aussi cette voyelle a-t-elle le son le plus élevé et, d'après Helmholtz, elle aurait deux sons, l'un pour le ventre et l'autre pour le col.

L'A (*fig. 122*) est intermédiaire entre l'O et l'I, la langue est plus ou moins écartée et la bouche figure un triangle allongé en avant. Pour beaucoup de physiologistes, l'A est la voyelle primitive, la voyelle par excellence, celle qui sert de point de départ de toutes les autres.

Les autres voyelles, O, É, U, répondent à des formes de cavité buccale intermédiaires entre les formes précédentes. Il sera facile de les retrouver sans qu'il soit besoin d'une analyse plus détaillée.

Dans toutes ces voyelles, le voile du palais empêche la communication des fosses nasales avec le pharynx, et l'air ne passe que dans les fosses nasales pendant qu'on prononce.

il ne passe pas une goutte d'eau dans l'OU, l'O et l'I, il en passe un peu dans l'È et surtout dans l'A, ce qui prouve que dans ces voyelles l'occlusion n'est pas hermetique. On arrive au même resultat en plaçant devant l'orifice des narines un miroir; la glace ne se ternit pas dans l'émission des voyelles, ce qui prouve que le courant d'air expiré ne passe pas par les fosses nasales.

On peut rendre ceci visible par la méthode graphique. Si on enregistre la pression de l'air des voies aériennes par le procédé indiqué page 434, on voit qu'au moment où se fait la parole à haute voix, la pression reste sensiblement la même dans les fosses nasales dans l'intervalle des respirations, sauf de légères ascensions qui correspondent aux sons nasaux pendant lesquels l'air expiré sort par les fosses nasales (fig. 123).

On peut cependant prononcer les voyelles, à l'exception de l'I et de l'OU, en tenant ouverte la communication des fosses nasales et du pharynx; ces voyelles acquièrent alors un timbre particulier qui leur a fait donner le nom de *voyelles nasales* : ON, AN, EN, UN. Cette résonnance nasale est encore plus prononcée quand on ferme ou qu'on rétrécit l'orifice des narines; or, même dans ces conditions, la nasalisation de l'I et de l'OU est à peu près impossible, ce qui s'explique par l'occlusion hermetique des fosses nasales nécessaire pour prononcer ces deux voyelles.

Fig. 123. — Enregistrement de la pression de l'air dans les voies aériennes. — I, ligne de l'inspiration. La croix indique le début de la parole à droite et à gauche. Le trait horizontal indique le début de la parole à

sonnes. Dans l'articulation des consonnes, les lèvres du tube additionnel se rapprochent de sorte qu'il y a une sorte de glotte temporaire, susceptible de vibrer sous l'influence du courant d'air expiré. Ce son, appelé *son labial*, s'ajoute au son glottique véritable et est appelé *son labial*. Les sons ainsi formés se rapprochent beaucoup des sons des instruments à vent et ont des caractères particuliers qui permettent de les reconnaître aux bruits qui, dans les instruments, accompagnent le son musical (râclage de la guitare, frottement du violon, souffle de la flûte, etc.).

Il faut distinguer, dans la formation des consonnes, le lieu de production du son et le lieu où il se forme, c'est-à-dire la région d'articulation.

Les régions d'articulation se rencontrent en trois principales : 1° au niveau du voile du palais et de la langue (*consonnes gutturales*) ; 2° au niveau du voile du palais et de la partie antérieure de la cavité buccale (*consonnes linguales*) ; 3° au niveau des lèvres (*consonnes labiales*). Cette division ne doit servir qu'à donner des idées et à faciliter le classement des consonnes ; en réalité, il y a un bien plus grand nombre de régions d'articulation et les points intermédiaires peuvent donner lieu à de nouvelles consonnes. Aussi Max Müller, par exemple, admet-il dix régions d'articulation, et il serait aisé d'en multiplier encore.

Le mode de formation du son peut avoir lieu de trois manières différentes, auxquelles correspondent les quatre classes de consonnes suivantes :

Dans la première espèce, le tube additionnel est simple-
tréci dans la région d'articulation et l'émission du son
est tant que dure le courant d'air expiré; ce sont les *con-*
sonnes continues : telles sont les gutturales CH et J, les linguales
les labiales V, F.

Dans la seconde espèce, il y a occlusion complète et mo-
le dans la région d'articulation; le son ne dure qu'un
et se forme soit au moment de l'occlusion aB, soit au
de l'ouverture Ba. Ces con sont toujours associées
celles qui les précèdent et les suivent. Ce sont les
les *explosives (muettes)* : telles sont les gutturales G, K,
les D, T, les labiales B, P.

Dans la troisième espèce, la région d'articulation représentée
d'anche ou de languette est mise en vibration par
et d'air expiré et donne un son tremblé, une sorte de
et : ce sont les *consonnes vibrantes* : telles sont l'R, qui
suivant la région d'articulation en R guttural, lingual et
et l'L, qui se forme par les vibrations des bords de la
dont la pointe est fixée contre la partie antérieure du

Dans les trois espèces précédentes, l'air expiré passe par la
et les fosses nasales sont hermétiquement fermées; mais
il passe le voile du palais pour établir la communication,
sonnes formées dans les diverses régions d'articulation
et un timbre spécial et on a les *consonnes nasales*. Ce
suivant la région d'articulation, la nasale gutturale NG, la
linguale N, et la nasale labiale M.

Le tableau suivant représente les genres et les espèces de con-

RÉGIONS D'ARTICULATION.			
	Labiales.	Linguales.	Guttu- rales.
{ dures	F	S	CH
{ molles.	V, W	SCH, Z	J
{ simples. { dures.	P	T	K
{ molles.	B	D	G
{ aspirées. { dures.	PH	TH	KH
{ molles.	BH	DH	GH
.		L	
.	R	R	R
.	M	N	NG

Les figures 124 à 129 donnent les formes diverses buccale, dans les divers genres de consonnes sur-
gions d'articulation et le mode de formation du son.

D'après quelques auteurs, outre les sons formes

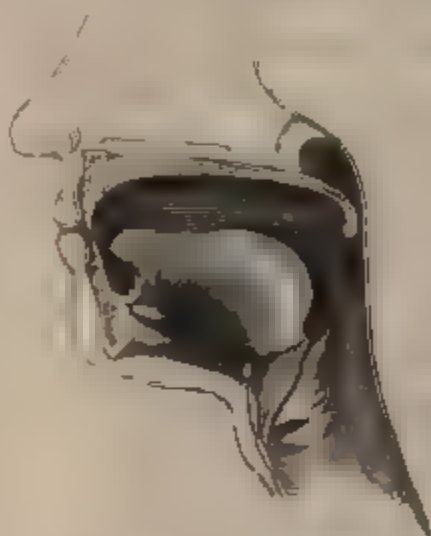
**P**

Fig. 124.

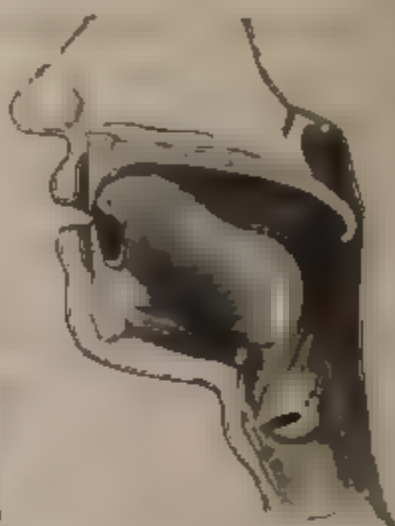
**T**

Fig. 125.

bucco-pharyngienne, il s'en produirait encore d'autres. Ainsi d'après Czermak, les consonnes guttales se produiraient à l'orifice supérieur du larynx.

Enfin, il faut ranger à part l'esprit rude, *spiritus*

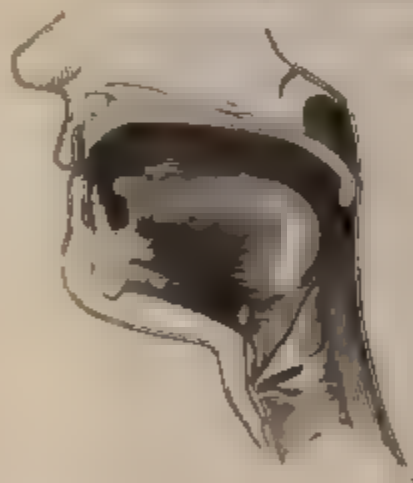
**F**

Fig. 127.

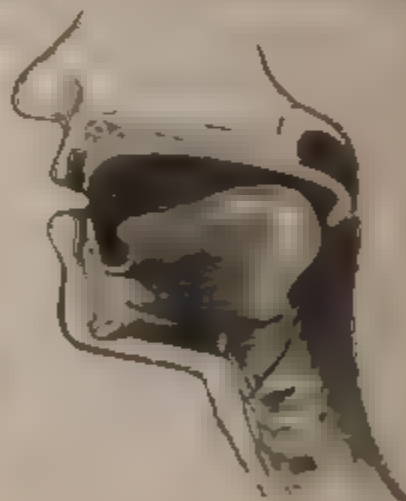
**R**

Fig. 128.

pure, sur lequel il y a eu tant de discussions grammaphysiologiques qui ne sont pas encore terminées. L'

la *lenis*, ne paraît être autre chose que le souffle léger dû au rétrécissement de la glotte au moment où on va émettre un son qui se ferait entendre au début de toutes les voyelles qui ne sont précédées de l'esprit rude.

La façon dont se forment les consonnes permet d'expliquer les permutations de sons dont on trouve tant d'exemples dans le langage vulgaire. En premier lieu, tous les sons qui se produisent dans une région déterminée d'articulation pour se remplacer aisément sous certaines circonstances diverses; ainsi, dans les labiales on dira B pour P, D pour T et D, dans les gutturales K et G, et une langue facile à se prêter à ces permutations se procure le même mode de formation. Enfin, les permutations se produisent aussi entre les consonnes voisines, ainsi L et R (colonel, comte), et même se font d'un lieu à un autre, ce fait est expliqué aussi par la facilité avec laquelle y a des transitions insensibles entre les diverses positions que peuvent prendre les parties mobiles de la cavité buccale. On n'y a pour cela qu'à se reporter aux figures données plus haut. Ainsi la langue hawaïenne ne fait pas de distinction entre le K et le G, et les gens du peuple disent souvent *méké* pour *metier*, *pour amitié* (!).

Il nous faut donc, pour donner ici, d'une façon plus détaillée, le mécanisme des voyelles et consonnes :

1. — A (fig. 122). La bouche est largement ouverte; la langue est abaissée dans sa partie moyenne qui est un peu bombée et durcie et dans la partie inférieure de l'isthme du gosier, le voile du palais est tiré en bas et entre la paroi postérieure du pharynx et le voile se trouve un espace étroit, de sorte que l'occlusion des fosses nasales est hermétique.

La cavité buccale est un peu moins largement ouverte que dans l'A. La langue est plus bombée et se rapproche du palais, surtout en arrière, de façon à donner à la bouche la forme d'une fiole à col rétréci. Le larynx s'élève de quelques millimètres en passant de A à E.

2. — E. La cavité buccale est réduite à son minimum; la langue, très-courbée, se rapproche de la voûte palatine et du voile du palais en circonscrivant un isthme étroit qui s'élargit en avant et en arrière; l'orifice buccal est d'une fente transversale. Le voile du palais est élevé et s'applique à la paroi postérieure du pharynx, de façon à fermer hermétiquement les fosses nasales. Le pharynx est à son maximum de hauteur.

Le mécanisme est intermédiaire entre A et OU. La cavité buccale est moins large; l'orifice labial arrondi, un peu rétréci. Le larynx est abaissé bas qu'en OU.

Le larynx est situé le plus bas possible et les lèvres se portent en avant pour allonger encore le tube additionnel. La langue est élevée à sa partie antérieure, de façon à transformer la

quand les arcades dentaires s'accroissent et que les dents font éruption, les dentales apparaissent, *ta, da*; enfin, les premières à se montrer sont les gutturales, à cause du développement plus tardif du voile du palais; l'enfant dira, par exemple, *ga* pour *gâteaux*.

variations individuelles. — Les variations individuelles sont nombreuses et dépendent la plupart du temps des dispositions anatomiques des organes de la parole, comme dans le *t*, le *zézayement*, le *grassement*, etc.; quelquefois, aussi, leur origine doit être cherchée plus loin dans le système nerveux, comme dans le bégaiement, par exemple. Le *stotter* ou *stotterie* n'a pas lieu, comme on le croit quelquefois, dans l'expiration; la voix se produit, en réalité, dans l'expiration; la glotte est plus étendue et les muscles abdominaux poussent l'air expiré à une forte pression, ce qui donne un timbre spécial qui peut tromper sur la distance et la

variations phonétiques. — Les altérations phonétiques sont nombreuses et ont une influence capitale dans l'histoire du développement des langues. Ces altérations consistent dans les permutations de sons, en substitution d'un son à un autre, qui, en général, est voisin du premier. On a déjà vu quelques-unes de ces permutations entre les consonnes. On observe aussi entre les voyelles; par exemple, dans la mutation si commune de l'A en E, comme dans *rosa* et *rosa*. Une altération phonétique qui joue un très-grand rôle dans l'histoire des langues, c'est la *nasalisation*, comme dans le changement de *laterna* en *lanterne*. Ces altérations phonétiques tien-

— **langue à l'arcade dentaire supérieure; l'air passe entre la partie supérieure de la voûte palatine et la pointe de la langue et fait entrer celle-ci dans la cavité nasale.** 2. Dans l'R guttural (fig. 128), c'est l'extrémité de la luette qui fait obstruction.

3. M. Elle se produit par l'occlusion des lèvres, comme le P et le B; mais, le voile du palais est abaissé et le courant d'air passe à la fois dans la cavité buccale et les fosses nasales. — L'N (fig. 129) se produit par le même mécanisme que le D, mais avec abaissement du voile du palais. NG est une nasalisation de G.

Pour plus amples détails sur ce mécanisme si compliqué de l'articulation, voir les travaux cités dans la bibliographie et spécialement Beke et de Merkel.

Le *zézayement* est la substitution d'une consonne faible à une forte, Z à S, J à G, etc. Le *grassement* est le remplacement de J ou G par Z. Le *grassement* est une prononciation spéciale de l'R ou son remplacement par l'L.

jamais deux consonnes de suite et les mots ne peuvent commencer par une consonne. La richesse des langues en consonnes est en effet : on en trouve 48 en hindoustani, 37 en sanscrit, 28 en hébreu, 20 en anglais, 17 en grec, en latin, en français, en danois, 10 et même moins dans les dialectes polynésiens. Maintenant les différents groupes de consonnes, on arrive à des faits curieux. Les gutturales sont, en général, très-riches dans les langues sémitiques et plus nombreuses dans les langues négro-africaines. Cependant elles manquent dans quelques dialectes de la Société. Ainsi les indigènes ne pouvaient prononcer le nom de Cook, ils disaient *Tu!* pour Cook. Parmi les labiales, l' *m* manque dans le mexicain, en péruvien et en chinois. L' *s* dans plusieurs langues polynésiennes. Les labiales sont complètement absentes chez les habitants même dans leur enfance, ce qui paraît assez extraordinaire. Elles manquent dans la langue australienne. Les nasales, l' *n* et l' *ng*, n'existent pas chez les Hurons et chez quelques peuples de l'Amérique du Nord. Enfin, l' *r* manque dans beaucoup de langues et dans le chinois. Il serait bien difficile d'expliquer actuellement ces particularités physiologiques.

Outre ces variations presque inexplicables, les langues présentent d'autres variations plus régulières et qu'on a pu même expliquer. En général, tout idiome tend à devenir plus commode et plus simple et les langues sont, comme les organismes, en état de

(¹) Comment expliquer, par exemple, que la *jota* espagnole se maintienne dans les mots venant du latin, comme *mulier*, *filius* quoiqu'il y ait en espagnol ?

(²) C'est surtout sur les finales que ces mutations s'exercent. Nous en offre un exemple curieux. Notre *E* muet remplace les *minaisons* latines. Exemple : *musa*, muse; *utilis*, utile; *affirmo*, j'affirme; *affirmat*, il affirme; *templum*, temple.

des mutations d'autant plus rapides que les langues sont plus pauvres en documents écrits. Ainsi, tandis que dans les langues des peuples civilisés et possédant une littérature, des siècles peuvent s'écouler sans modifier profondément la phonétique du langage, les dialectes des tribus sauvages se modifient en quelques années, et quelquefois de façon à devenir méconnaissables (*).

Influence du climat. — Le climat a une influence réelle sur l'articulation des sons, et sur les voyelles. La voyelle *a* et par conséquent laisse dans la bouche, est bien di, l'arabe par exemple, après le passage du latin au disparaître et se changer it le caractère général des te avec la sécheresse des climat se fait sentir aussi, ilation des consonnes. Les

Les lois de Grimm offrent un remarquable exemple de l'accord qui existe entre la phonétique linguistique et la phonétique physiologique : c'est ce que je crois devoir les donner d'après Max Müller : « Si les mêmes lettres des mêmes mots existent en sanscrit, en grec, en latin, en celtique, en gothique et en haut-allemand, lorsque les Indes, les Grecs prononcent une aspirée, les Goths et, en général, les Bas-Saxons, les Saxons, les Anglo-Saxons, les Frisons, etc., prononcent l'explosive douce, et les Hauts-Allemands l'explosive dure correspondantes. Dans le premier changement, les races lithuanienues, slavonnes et celtiques, agissent de même que le gothique, on arrive à cette formule :

Grec et sanscrit	KH	TH	PH
Gothique, etc.	G	D	B
Ancien haut-allemand . . .	K	T	P

En second lieu, si en grec, en latin, en sanscrit, en lithuanien, en slavon, en celtique, on trouve une explosive douce, on trouvera en gothique l'explosive forte et en ancien haut-allemand l'aspirée correspondantes :

Grec, etc.	G	D	B
Gothique	K	T	P
Ancien haut-allemand . .	CH	Z	F (ph).

En troisième lieu, lorsque les six langues nommées plus haut montrent une explosive forte, le gothique montre l'aspirée et l'ancien haut-allemand l'explosive correspondantes. Cependant, dans ce dernier, la loi n'est valable que pour la série linguale; pour les labiales et les gutturales, on a habituellement P et H au lieu de B et G :

Grec, etc.	K	T	P
Gothique	H (G, F)	TH (D)	F (B)
Ancien haut-allemand . .	H (G, K)	D	F (B, V)

Les lettres entre parenthèses indiquent les modifications qui se rencontrent généralement que les autres. Il n'y a qu'à comparer ces formes de la page 607, pour voir immédiatement la concordance entre la phonétique et la physiologie.

Transcription figurée des sons articulés. — Alphabet

Les sons articulés peuvent être symbolisés par des signes conventionnels, ou *lettres*, et la série des sons ainsi symbolisés constitue l'alphabet de cette langue. Malheureusement, les principes selon lesquels sont construits ces alphabets sont tout à fait arbitraires. Dans un alphabet phonétique parfait, chaque son simple devrait être figuré par un signe distinct. Or, il est bien loin d'en être ainsi. En fait, certains sons simples, telles sont les voyelles nasales, ne sont figurés par aucun signe ; d'autre part, on trouve souvent un même signe pour figurer des sons composés, *N*, par exemple, pour figurer le son unique peut avoir deux signes différents. D'Escayrol a calculé qu'en français le son *O* peut s'écrire de 43 manières différentes. En outre, les diverses langues donnent des valeurs différentes aux mêmes signes, ce qui introduit une difficulté dans l'étude des langues étrangères. Frappés de ces inconvénients, et, après lui, plusieurs auteurs ont cherché à construire des alphabets phonétiques, de façon que chaque lettre ou chaque signe ait un son déterminé, de sorte qu'une phrase écrite dans cet alphabet pourrait être prononcée correctement par quelqu'un qui n'aurait jamais entendu parler dans cette langue. On aurait donc ainsi un alphabet commun, international, qui, une fois connu et adopté, rendrait de grands services. Malheureusement, pour rendre cet alphabet acceptable, Lepsius conserva les caractères romains usités par tous les peuples civilisés et il en résultait cet inconvénient que les signes adoptés par Lepsius correspondaient, dans chaque langue, à des sons articulés différents et qu'il devenait, par conséquent, très-difficile de s'accorder sur leur mode de prononciation. L'alphabet de Lepsius présentait des erreurs au point de vue de la transcription d'abord, puis de la prononciation. C'est ce qui a conduit à la création de l'alphabet phonétique international.

continues, etc.), devaient être représentées par des signes soit rationnels, soit imitatifs, de façon que l'écriture se calquât sur le même processus physiologique de la parole. Brücke et Merkel employèrent des signes nouveaux, et Thausing une sorte de notation musicale. On trouve dans les ouvrages de ces auteurs des phrases écrites dans ces modes de transcription, qui ne peuvent avoir jusqu'ici qu'un intérêt de curiosité scientifique.

Section des sons articulés chez les animaux. — Beaucoup d'animaux possèdent, comme l'homme, l'articulation des sons. Ils ne s'élèvent qu'à la formation des mots, à l'exception du perroquet et quelques autres oiseaux ; mais ils produisent également des sons articulés. Les mammifères ne dépassent guère la formation des voyelles ; cependant ils peuvent aussi émettre des sons articulés ; ainsi le B se distingue nettement dans le bêlement de l'âne et ces exemples pourraient être multipliés. Mais les consonnes sont surtout dans le chant des oiseaux, et on y reconnaît nettement T, G, K, R, N, etc.

UNION DES SONS ARTICULÉS ENTRE EUX. FORMATION PHYSIOLOGIQUE DES MOTS.

Union des sons articulés entre eux pour former les syllabes. — La formation des mots se fait, en général, d'après des lois qui trouvent leur explication dans le mécanisme physiologique de la parole. Aussi nous limiterons au point de vue physiologique que je chercherai à expliquer un court aperçu de cette question.

Union des sons articulés. — 1° *Union des voyelles.* — En s'unissant les voyelles constituent les diphthongues, qu'il ne faut pas confondre avec les voyelles mixtes. Dans l'émission d'une diphthongue, la cavité buccale prend successivement la forme correspondante à chacune des deux voyelles qui la composent, sans qu'il y ait interruption du courant d'air et sans qu'aucun son intermédiaire les sépare.

Union des consonnes. — Dans l'union des consonnes il peut se présenter deux cas. Dans le premier cas, les deux consonnes qui se succèdent sont prononcées à la suite l'une de l'autre sans interruption et il n'y a ni son interposé ni de temps d'arrêt ; il y a presque continuité, et il semble qu'il n'y ait qu'un son produit, cependant, il y a succession, mais succession très-rapide. Cette agglutination de deux sons ne peut se faire qu'entre certaines consonnes, ce que nous expliquerons par le mécanisme physiologique de leur production.

On peut réunir ensemble deux explosives, deux continues, deux vibrantes ; mais on peut réunir ensemble une ex-

plus ou moins grande que celle qui leur est correspondante. Il nous est impossible de donner le détail des cas particuliers, qui demanderaient beaucoup de développements; je me contenterai de renvoyer le lecteur à l'étude spéciale des différentes consonnes. En outre, il faut beaucoup de pratique et de l'exercice.

Dans le second cas, les consonnes se succèdent sans interruption, c'est-à-dire qu'elles appartiennent à des syllabes différentes. La succession de consonnes peut se faire de plusieurs manières; il peut y avoir d'abord répétition de la même consonne, comme dans *SS*, *RR*. Pour les explosives et pour les nasales, cette répétition est très-distincte, et les deux sons sont très-distincts, comme dans *SS*, *RR*. Pour les liquides, qui s'expliquent facilement, puisque le premier son est émis avec une vibration rapide et le second avec une ouverture brusque de la cavité buccale. Dans la répétition des continues et des vibrantes, la distinction n'est pas tout à fait de même; ainsi dans *SS*, *RR*, il n'y a pas véritable répétition des consonnes S ou R, mais une continuation d'intensité, plus forte du son pendant la première émission, tandis que la voix tombe pendant la seconde. L'R résulte déjà de vibrations lentes l'S de vibrations rapides, autrement dit, ces consonnes ne sont pas des répétitions d'un son, et ajouter un R à un R, un S à un S, n'est que prolonger la série des vibrations afin de donner à l'oreille, grâce à la durée et à la différence de l'intensité, la sensation d'un redoublement de consonne.

Le mécanisme physiologique n'a pas moins de difficulté à prononcer deux consonnes différentes. D'une façon ordinaire, une consonne dure est suivie ordinairement d'une consonne molle, et la prononciation sera plus difficile si elle est suivie d'une

[illegible]

Elle constitue les *syllabes*, ou autrement les mots, puisqu'il est démontré aujourd'hui que toutes les racines étaient à l'origine syllabiques. Si l'on se reporte à la définition des voyelles et consonnes, on voit que dans la syllabe il y a deux actes musculaires successifs, dont l'ordre de succession peut, du reste, varier : une excitation de la cavité buccale (voyelle), un rétrécissement ou une constriction dans une région d'articulation (consonne). La syllabe présente le caractère que le passage d'un mouvement à l'autre se fait sans arrêt, de sorte que l'oreille a la sensation d'un son

ils sont constitués par une seule ou par plusieurs syllabes
elles, et l'association des syllabes entre elles pour constituer
les composés dépend en partie de causes physiologiques (action
du frein, sensation auditive euphonique, climat, etc.), telles que
nous ont déjà été mentionnées. Les procédés d'altération pho-
nétique les plus importants sont : la transposition comme dans *forma*,
1 ; l'addition, soit au commencement d'un mot (*scribere*, *écrire*,
lette, *esquelette*, — *rana*, *grenouille*), soit au milieu d'un mot
fronde, — *numerus*, *nombre*, — *couleuvre*, *couteuvre*), soit à la
fin (*va-t-il*) ; la suppression au commencement d'un mot (*esumus*,
— *phisana*, *tisane*), dans le courant du mot (*fabula*, *fable*), ou à
l'extrême fin (*septem*, *sept.*). Ces altérations phonétiques sont surtout marquées
aux syllabes finales des mots et tiennent en grande partie à la pa-
lato-alvéolaire et probablement aussi à cette tendance des actions
vocaliques à suivre un certain rythme (répétition des mêmes mouve-
ments), penchant instinctif que nous éprouvons pour le retour

d'autre finale que l'ig.

Caractères physiques de la parole. — La parole, voix, présente certains caractères acoustiques d'intensité et de durée. Ces caractères correspondent à ce que nous appelons l'accent, la quantité et l'intonation. L'accent dépend de l'intensité du son, il indique la syllabe qui est appuyée de préférence, et c'est en général celle qui termine le mot, à moins que, comme dans beaucoup de langues, elle ne détermine la place. La quantité correspond à la durée de la syllabe. La quantité varie, pour chaque syllabe, d'abord suivant la physiologie de l'émission des sons certaines voyelles sonores peuvent être soutenues plus longtemps que d'autres. L'intonation ou la hauteur du son joue un très-grand rôle dans certaines langues, en général, dans la parole ordinaire la hauteur de la voix reste dans les limites d'une demi-octave, et encore la hauteur qui existent entre les syllabes et les mots ne donne de la variété à la phrase et à en accentuer le sens, mais dans d'autres langues, l'intonation a une importance telle qu'elle modifie le sens même des mots suivant la hauteur du son. C'est ainsi que le chinois compte 4 tons différents, le siamois 5, l'annamite 6. Ces intonations de la parole sont très-bien chez certains individus qui *chantent en parlant*.

Origine du langage. — Le langage, au point de vue physique, n'est pas autre chose qu'un mode particulier de mouvement de la voix. Comment en restant dans le domaine purement matériel a-t-il pu se développer ? La voix (en, interjections, etc.) est due à l'homme que les mouvements musculaires de la gorge, entre la voix simple et la voix articulée il y a une différence, qu'entre les mouvements musculaires laryngiens et ceux de la

ment, chez eux, les mouvements expressifs et le langage sont réduits au minimum ; en effet, le cercle de leurs besoins est restreint ; les modes les plus simples d'expression suffisent pour traduire tous les genres d'émotions. A quel point l'instrumentation compliquée du langage chez des êtres intellectuellement et émotionnellement est si simple ? Lorsqu'un chien hurle ou aboie d'une certaine façon pour qu'on lui ouvre, il suffit, puisqu'il est compris par son maître. Pourquoi lui apprendre à articuler des mots, s'il le peut sans plus d'avancé ; pourquoi lui en faire un apprentissage, si ce n'est dans le cas d'un chien qui répète une phrase, ou d'un enfant de cinq ans auquel on enseigne une formule de mathématique. Le langage est un des produits de la pensée, le plus simple et le plus merveilleux. Mais il ne vaut que par l'intelligence, qui s'en sert comme d'un instrument, et son développement a dû suivre pas à pas le développement de l'intelligence et son évolution progressive. On conçoit bien que nous en avons des exemples dans certains sourds-muets qui n'ont pas reçu d'éducation spéciale, des sauvages absolument de langage et qui, n'ayant comme moyen d'expression que la mimique et la gesticulation, arriveraient à un degré d'intelligence au niveau de la moyenne. Il a fallu pour faire du feu, pour se fabriquer des armes et des ustensiles, pour travailler la terre, etc., autant d'efforts et de tâtonnements pour arriver à donner des noms aux objets qui l'entouraient, à traduire ses sensations et ses émotions par des combinaisons de

sons. Ce point de vue, le problème de l'origine du langage se présente sous un aspect qu'on ne le conçoit habituellement ; il se dédouble : il se divise en deux parties. D'une part le développement même de l'intelligence et nous nous en occuperons ici ; mais, d'autre part, il comprend le développement graduel de ce mode d'expression, de cette forme de langage, de ces mouvements musculaires qui constituent la mécanique de la parole. La solution de ce problème doit être cherchée surtout dans l'étude des phénomènes qui se passent chez l'enfant depuis sa naissance jusqu'à l'âge où il commence à parler d'une façon distincte, dans les langues primitives chez les peuplades sauvages et enfin dans celle des langues primitives.

Les langues primitives nous révèle deux faits essentiels, la simplicité et la richesse en voyelles. D'un autre côté, chez l'enfant nous avons la série suivante de phénomènes. Au début, c'est une simple expiration vocale, sans articulation ; plus tard la parole apparaît ; jusqu'ici il n'y avait guère eu dans la vie de l'enfant que des sensations de faim et de douleur traduites par un seul cri, le cri ; maintenant les émotions de plaisir, la curiosité, la colère, etc., commencent à se faire jour et se révèlent

qui se rapprochent du ventre et se fléchissent ; les
se retrouvent dans les membres supérieurs. Ils
montrent des mouvements expressifs plus complets.
des mains, il avance le bras pour saisir il fait des g
enfin avec l'articulation des consonnes paraissent
intelligents de la palpation, les tâtonnements de la
toute la série des mouvements de relation des
rapport avec le monde extérieur.

On a admis deux théories différentes sur l'origine
de l'onomatopée et celle de l'interjection, dans la p
primitif ne serait que l'imitation par l'homme de
dans la seconde il ne serait que le développement
nels ; mais si les deux théories peuvent s'appuyer
aucune des deux ne peut être admise à l'exclusi
elles ne suffisent pas, même à elles deux, comme le
Müller, pour expliquer la formation du langage. D'o
buer, comme le fait Max Müller à une force in
humaine, ne me paraît pas plus heureux. Le lang
modes d'expression et d'une façon générale les
aussi ces mouvements d'expression, quoique les ma
beaucoup plus restreintes que chez l'homme. Le
pas essentiel à la nature humaine, il n'est que
d'une évolution commune à tous les êtres animés
la plus élevée et la plus remarquable ; il est unique
l'intelligence humaine et cette intelligence a per
l'instrument brut et grossier des premiers temps p
rable instrument dont nous nous servons aujour
séparer le langage de l'accentuation, de l'intonati
faciale, de la gesticulation qui l'accompagne.

1^{re} période. — Vocalisation (voyelles). Intonation. Gesticulationnée; mimique; danse.

2^e période. — Articulation (consonnes). Monosyllabisme. Figurative.

3^e période. — Apparition des langues proprement dites. Monosyllabiques ou isolantes (ex. : chinois).

4^e période. — Langues agglutinantes (ex. : turc).

5^e période. — Langues amalgamantes ou à flexion (ex. : langues et sémitiques).

Bibli. — BEYER : *Histoire des Grammatik*, 1840. — BRÜCKE : *Gr Grammatik*, 1894. — MERKEL : *Anat. u Grammatik*, 1857. — L. VAISON : *De la Physiologie et de la grammaire*, 1858. — *Grammaticales*, trad. par TOSWELL, 1863. — MAX MÜLLER : *la Sa*, 1864. — D'ESCATRAC DE LAUTOUR : *De der menschlichen Sprache*, 1866. — — — THARIES POCHER : *Du lang*

semitiques, 1838. — GRIMM : *Physiologie und Systematik der menschlichen Stimme und des an double point de vue* GOLDT : *De l'Origine des* HAUSING : *Das natürliche* — — — trad. par HARRIS et sage, 1866. — C. L. MERRILL : *Grammaire comparée*; trad.

5^e MÉCANIQUE DE LA DIGESTION.

Phénomènes mécaniques qui se passent dans le tube digestif de deux ordres : les uns ont pour but de faire passer les aliments depuis la bouche jusqu'à l'anus et de les faire successivement en contact avec les différentes sécrétions et d'expulser ensuite leur résidu ; les autres ont pour but de diviser ces aliments et de les mélanger aux sucs digestifs en un mot de leur faire subir des modifications de forme et de cohésion.

Ces effets se produisent sous l'influence des contractions rythmées des parois du tube digestif ; ces contractions, sauf aux extrémités, sont dues à des fibres musculaires lisses, mais du côté de la bouche, comme du côté de l'anus, des fibres musculaires striées viennent remplacer les fibres lisses de l'alimentaire ou s'y surajouter. Aussi tandis que, d'une manière générale, les mouvements qui succèdent immédiatement à l'ingestion des aliments ou qui précèdent leur expulsion sont volontaires, les mouvements de toute la partie intermédiaire se distinguent par leur lenteur et leur soustraction à la volonté. Nous étudierons successivement la mastication, la déglutition, les mouvements du pharynx, ceux de l'intestin grêle, du gros intestin et

succionner un liquide, c'est le courant d'air inspire qui dans la cavité buccale le liquide dans lequel baignent les lèvres ne sont pas complètement immergées une petite quantité d'air est entraînée en même lieu à un bruit de gargouillement.

Chez l'enfant à la mamelle, dans la *succion* fait par un tout autre mécanisme. La cavité joue le rôle d'un corps de pompe dont la langue constitue le piston. Les lèvres s'appliquent hermétiquement au pourtour du mamelon. L'isthme du gosier est fermé par le contact de la langue et du voile du palais ; la partie antérieure du pharynx se porte en arrière en faisant le vide autour du mamelon. La pression atmosphérique, qui presse sur la surface externe, chasse le lait dans la cavité buccale. La respiration cesse pendant la succion.

2° *Mastication.*

La mastication a pour but de triturer les aliments, de les imprégner de salive, de façon à faciliter leur action ultérieure des sucs digestifs (page 399).

Les aliments sont divisés par les incisives et les molaires supérieures et inférieures. La dureté de l'émail est assez considérable pour permettre de briser et de broyer des corps très-durs, les pointes saillantes des canines et des molaires.

pendant que les mouvements de la mâchoire inférieure mettent ainsi en jeu l'appareil dentaire pour diviser et triturer les aliments, les parties molles de la cavité buccale ne restent pas inactives : les lèvres et les joues ramènent contre les dents les aliments alimentaires qui tombent en dehors des arcades dentaires ; la langue joue le même rôle pour celles qui s'échappent vers l'intérieur, et quand la trituration mécanique est accomplie, la langue presse les aliments contre la voûte palatine et en fait une sorte de masse molle mêlée de salive, qui a reçu le nom de *bol alimentaire* (').

Observation. — Les nerfs des muscles moteurs du trijumeau (muscle antérieur du digastrique), du masséter et ventre postérieur du trijumeau sont coordonnés de la mastication.

Les nerfs de mastication sont : le trijumeau (mâchoire inférieure et glosse (langue) et le facial (muscle). Le centre des mouvements se trouve dans la moelle.

3° Déglutition.

La déglutition comprend les actes par lesquels l'aliment passe de la cavité buccale dans l'estomac. On peut la diviser en trois temps : dans le premier temps, le bol alimentaire franchit l'isthme du gosier, dans le second, il franchit le pharynx ; dans le troisième temps, il traverse l'œsophage.

PREMIER TEMPS. — *Le bol alimentaire franchit l'isthme du gosier.* — Tant que le bol alimentaire se trouve dans la cavité buccale, nous pouvons retarder la déglutition, mais dès que le bol alimentaire arrive à l'isthme du gosier, le mouvement de déglutition commence, mouvement réflexe et involontaire qu'il est impossible d'arrêter. Quand les aliments ont été suffisamment triturés et insalivés, la langue se soulève par la contraction des styloglosses et surtout du mylo-hyoïdien qui agit comme une sangle (Bérard) et dont on sent parfaitement la contraction sur soi-même ; en même temps les fibres linguales

Les mouvements de la mâchoire inférieure dans l'articulation temporo-mandibulaire, ainsi que l'action des muscles masticateurs, sont étudiés dans le chapitre de l'articulation. (Voir Beaunis et Bonchard, 2^e édit., page 151, Articulation temporo-mandibulaire ; 259, Digastrique ; 275, Buccinateur ; et 278, Muscles de la langue.)

des fosses nasales. l'occlusion des voies respiratoires de l'isthme du gosier.

A. Mouvements du pharynx. — Ces mouvements ont deux ordres. le pharynx s'élève et en même temps. L'ascension du pharynx ne porte que sur ses parois supérieure et inférieure, et s'accompagne d'un mouvement simultané du larynx, bien sensible quand on place la pomme d'Adam pendant la déglutition; cette élévation est produite par les muscles des piliers postérieurs, les stylo-pharyngiens, les constricteurs et les muscles sus-hyoïdiens, au moment où le pharynx exige-t-elle la fixation préalable de la mandibule inférieure par les muscles masticateurs; on ne peut ouvrir la bouche à moins de fixer entre les arcades dentaires le point dur qui donne un point d'appui fixe aux dents inférieures. Ce mouvement a pour but de porter le bol alimentaire devant du bol alimentaire. La contraction du pharynx est produite par l'action des constricteurs, qui se contractent de haut en bas et refoulent le bol du côté de l'œsophage. Passant, la contraction du constricteur supérieur produit la formation d'une crête verticale sur la paroi antérieure du pharynx.

B. Occlusion des fosses nasales. — L'occlusion pharyngo-nasale se fait par le concours de deux manières. 1° par la contraction des muscles pharyngo-nasaux qui rapprochent l'un de l'autre les piliers postérieurs de la voûte nasale. Ce mouvement est constaté par l'observation directe et cependant

ans l'air des fosses nasales (Carlet), tandis qu'il y a en même
diminution de pression dans l'air de la cavité pharyn-
(Carlet, Arloing.)

Occlusion des voies respiratoires. — Cette occlusion porte
sur l'orifice supérieur du larynx et sur la glotte.
Occlusion de l'orifice supérieur du larynx est due à l'abais-
sement de l'épiglotte; l'épiglotte est refoulée par la base de la
langue qui se porte en arrière, et ce refoulement est favorisé par
l'abaissement du larynx; en outre, l'épiglotte est abaissée par ses muscles
propres (fibres thyro- et ary-épiglottiques). Cependant l'incision
de l'épiglotte chez le chien ne gêne en rien la déglutition des aliments solides;
seulement un peu celle des liquides. Si on avale un
bol alimentaire imprégné d'une substance noire, et qu'on examine
les parties au laryngoscope, on voit que la base de la
langue, les replis glosso-épiglottiques, la face antérieure de l'épi-
glotte, les gouttières laryngo-pharyngées, l'ouverture de l'œso-
pophage sont seuls noircis par le contact du bol alimentaire,
que la face postérieure de l'épiglotte et l'intérieur du
larynx ont conservé leur coloration normale (Guinier). 2° L'occlu-
sion de la glotte a lieu pendant la déglutition, si on s'en rap-
porte à l'examen laryngoscopique; il est vrai que dans ce cas
les conditions de la déglutition sont tout à fait changées; cepen-
dant le fait qui semble prouver cette occlusion, c'est que l'expira-
tion est complètement arrêtée et la voix impossible au moment
de la déglutition. Mais cette occlusion ne paraît pas être indis-
pensable, au moins chez certains animaux; car Longet a pu, par
ouverture à la trachée, introduire une pince et maintenir la
trachée sans gêner la déglutition des solides et des liquides,
expérience de Guinier, citée plus haut, indique qu'à l'état
normal, les aliments ne pénètrent pas dans la cavité du larynx.
Longet, l'occlusion de la glotte dans la déglutition ne
pas due à l'action des muscles propres, mais à celle du
muscle inférieur. Il a vu en effet cette occlusion persister
après la section des nerfs récurrents et du rameau du crico-
thyroïdien. Par contre, la persistance de la sensibilité de la partie
inférieure du larynx est indispensable pour éviter l'intro-
duction dans la trachée de parcelles alimentaires et surtout de
liquides qui auraient pu franchir l'orifice supérieur du larynx;
et les nerfs laryngés supérieurs, cette sensibilité

et buccale. D'après Cartot, la contraction du pharynx déterminerait une véritable aspiration.

3° TROISIÈME TEMPS. — Le bol alimentaire franchit le pharynx.

— Une fois le bol alimentaire arrive dans la cavité de l'œsophage, le pharynx retombe, les trois orifices plus haut s'ouvrent de nouveau et le bol traverse l'œsophage sous l'influence des contractions musculaires circulaires et des fibres longitudinales, les fibres longitudinales portent au-devant du bol la partie de l'œsophage de lui, et les fibres circulaires le refoulent alors. La pesanteur n'a à peu près aucune influence sur la déglutition, on avale parfaitement la tête en bas.

La déglutition s'accompagne de l'ouverture de l'Eustache due aux fibres du peristaphylin externe et à la partie membraneuse de la trompe.

Pour que la déglutition s'accomplisse, il faut que quelque chose ait été avalé, il est impossible d'avaler en l'absence de stimulus qui déterminent avec la muqueuse, la production des mouvements.

D'après Schiff, la déglutition des liquides dans le sillon glosso-épiglottique quelques secondes après qu'on a avalé un liquide, on observe ce qui se passe après avoir bu une certaine quantité de liquide, on remarque quelques secondes après la déglutition que ce reste de liquide n'est pas avalé. Pour Schiff, cette déglutition secondaire serait due à l'irritation des ventricles du larynx par le liquide.

due à cause du grand nombre de muscles qui entrent en jeu dans cet acte. On trouve en effet parmi les nerfs moteurs, le glosso-pharyngien (muscles du pharynx), le facial (péristaphylin interne), la cinquième (langue), le trijumeau (péristaphylin externe, muscles sus-labiaux, muscles masticateurs), le pneumogastrique (muscles du diaphragme, muscles de l'œsophage). Les nerfs *sensitifs* proviennent du trijumeau (voile du palais), du glosso-pharyngien (langue et pharynx), du laryngé superficiel (larynx), du pneumogastrique (trachée et œsophage). L'excitation de ces différents nerfs provoque des mouvements de déglutition (Waller et Prévost). La sensibilité œsophagienne vient du pneumogastrique.

4^e Mouvements de l'estomac.

Observation des mouvements de l'estomac. — *Mise à nu de l'estomac par l'ouverture du ventre.* En général, les mouvements de l'estomac, surtout les mouvements spontanés, sont peu marqués ; mais on observe, même sur l'estomac extirpé, des contractions rythmiques, spécialement dans la partie cardiaque, et qui gagnent peu à peu le pylore. Les mouvements deviennent plus prononcés par une stimulation galvanique ou mécanique et se traduisent par une contraction de l'estomac au point irrité. La dilatation de l'estomac par l'insufflation de caoutchouc qu'on introduit dans l'estomac et qu'on dilate par l'insufflation, amène aussi des contractions de cet organe. Les contractions gastriques, soit sur l'homme, soit sur les animaux, ont permis d'observer les mouvements communiqués par les contractions des muscles aux substances contenues dans son intérieur. D'après de nombreux auteurs, les matières suivraient la grande courbure en allant du pylore et reviendraient le long de la petite courbure en allant vers le cardia, et ce mouvement de rotation durerait de une à trois heures. D'après d'autres auteurs, ce mouvement se ferait au contraire dans le sens opposé, comme le représente la figure 130. Réclam a imaginé un procédé pour observer les mouvements de l'estomac ; il donne à des chiens du lait mélangé à la caséine ; puis il sacrifie l'animal ; la direction des sillons à la surface de la masse coagulée indique le sens de la rotation de cette masse.

L'estomac se dilate au fur et à mesure que les aliments arrivent vers le cardia ; en même temps que se fait cette dilatation, la grande courbure ainsi que le grand cul-de-sac, qui sont les parties les plus expansibles de l'estomac, se portent en avant et s'abaissent vers la paroi abdominale antérieure.

Les contractions de l'estomac à l'état normal sont très-lentes



Fig. 120. — Mouvements de l'estomac. (Voir page 6)

le suc gastrique. On a admis, sans qu'on en ait eu la preuve directe, que pendant la digestion stomacale l'estomac se divise en deux portions par la contraction des fibres de la partie inférieure gauche, correspondant au grand courbure, où se formerait un réservoir où s'accumuleraient les aliments pour y être agités par le suc gastrique; une partie supérieure, constituée par la petite courbure et permettrait aux aliments de passer directement de l'estomac dans le duodénum.

Pendant la durée de la digestion stomacale, le sphincter duodénal se contracte par la contraction de son sphincter, et ce sphincter se relâche par moments pour laisser passer successivement les aliments dans le duodénum. Cette ouverture du sphincter est réflexe sous l'influence d'une excitation de la muqueuse duodénale, mais dont la nature est tout à fait inconnue.

Vomissement. — Quoique le vomissement appartienne à la physiologie pathologique qu'à la physiologie normale, on ne peut en parler sans en passer sous silence. Le vomissement est précédé d'une sensation interne particulière, la *nausée*. L'acte mécanique du vomissement comprend, d'après les expériences de Schiff, deux stades : un stade préparatoire et un stade d'expulsion. Le stade préparatoire consiste essentiellement en une dilatation du cardia.

fibres longitudinales de l'œsophage; si ces fibres sont désorganisées, le vomissement est impossible; il en est de même si l'estomac est paralysé. Le *deuxième stade* consiste dans l'expulsion violente des matières et exige l'intervention de tous les muscles de l'ovaire abdominal, du diaphragme et muscles abdominaux, comme dans l'effort. En effet, pour ouvrir le ventre pour mettre l'estomac à découvert, le vomissement ne peut plus se faire ou se faire que très-incomplètement; et d'autre part, comme le prouve une expérience célèbre de Magendie, on peut enlever l'estomac par une vessie de porc et voir le vomissement se faire, après injection d'émétique dans les veines, par la seule intervention des muscles abdominaux; mais il faut que l'orifice cardiaque de l'estomac soit enlevé avec l'estomac, comme l'a montré Tantini; si la dilatation du cardia ne se produit pas, le vomissement n'a pas lieu. Pendant le vomissement, l'œsophage reste fermé par la contraction énergique de son sphincter; les matières se trouvent ainsi projetées violemment dans l'œsophage et de là dans le pharynx et la cavité buccale. L'orifice supérieur du larynx et l'isthme pharyngo-nasal sont fermés par le mécanisme déjà décrit à propos de la déglutition; ainsi, il arrive souvent que la pression est si forte qu'elle surmonte la résistance du voile du palais et que les matières sont rejetées par le nez. L'occlusion de la glotte précède le vomissement, mais ne peut pas être indispensable.

Différentes espèces animales présentent de très-grandes différences au point de vue du vomissement. Très-facile chez les carnivores, et particulièrement chez le chien et le chat, il est à peu près impossible chez le cheval et chez les ruminants.

Régurgitation est le retour dans la bouche d'une partie du contenu de l'estomac; ce retour a lieu sans efforts, et chez certaines personnes il est volontaire et peut devenir habituel (rumination ou mérycisme). Certains physiologistes, Brown-Séquard, Gosse, ont utilisé cette régurgitation pour étudier les modifications des aliments dans l'estomac.

Éructation est l'expulsion violente de gaz stomacaux avec production d'un son à la partie supérieure de l'œsophage.

Observation. — On sait peu de chose de l'innervation motrice de l'estomac. Cependant l'excitation du pneumogastrique et quelquefois du plexus coeliaque déterminent des contractions, surtout chez les ruminants, et ces contractions sont arrêtées par la section ou la lésion de ces nerfs.

5° Mouvements de l'intestin grêle.

des mouvements de l'intestin grêle. — Observation
On ouvre le ventre et qu'on mette à nu les intestins sur

être la cause exclusive, car elles se produisent encore le péritoine ou quand la température de la cavité de l'animal. La circulation paraît avoir plus d'importance. Les contractions sont déterminées aussi bien par l'anémie que par l'hémie de l'intestin; ainsi, elles augmentent par la ligature de l'aorte, l'occlusion de la veine porte, l'injection de sang dans les vaisseaux; cependant, une hyperhémie veineuse trop abondante les arrête. Elles sont arrêtées par le froid, jusqu'à $+19^{\circ}$, et par la chaleur. L'excitation directe de l'intestin, soit galvanique, agit beaucoup plus vivement sur lui que sur l'animal. Une contraction énergique au point touché.

On peut enregistrer les contractions de l'intestin dans une anse intestinale des amoules en caoutchouc par un tube avec le tambour du polygraphe. L'intestin comprime l'ampoule, et la pression de l'air sur le levier enregistreur qui s'élève. Ces instruments, dont il y en a de nombreux, ont reçu le nom d'entérographes (entérographe de Onimus, d'Engelmann, etc.).

Les mouvements de l'intestin grêle ont pour fonction de pousser les matières alimentaires depuis la pylore jusqu'à la valvule iléocœcale. On les a divisés en *péristaltiques* qui favorisent ce mouvement de progression, et en *antipéristaltiques* qui se produiraient en sens contraire. Ce qu'il est certain, c'est que ces contractions ne sont pas continues, mais rythmiques et séparées par des intervalles d'inactivité. D'ailleurs, qu'elles sont loin de se faire dans les conditions normales avec la violence qu'on observe chez les

vements de va-et-vient; la durée du séjour des aliments dans l'intestin grêle est d'environ deux à trois heures.

Action. — L'excitation des plexus coeliaque et mésentérique, du plexus mésentérique (?), augmente les mouvements intestinaux; les nerfs sympathiques agissent, au contraire, sur ces mouvements comme nerfs

6° *Mouvements du gros intestin.*

Les matières arrivées à la partie inférieure de l'intestin grêle, les passent facilement à travers la valvule iléo-cæcale, pour se jeter dans le cæcum. La disposition de cette valvule s'oppose au reflux des matières du cæcum dans l'intestin grêle.

Les mouvements du gros intestin ressemblent à ceux de l'intestin grêle et se produisent dans les mêmes conditions. Mais, la disposition des parois du gros intestin, le séjour du contenu, devenu le bol fécal, y est bien plus considérable que dans l'intestin grêle, quoique la longueur de ce dernier soit beaucoup plus grande. En effet, les matières, arrêtées par les replis falciformes transversaux de la muqueuse, séjournent un ou deux jours dans les *cellules* du gros intestin, et une partie de leur eau et y acquièrent peu à peu les caractères excrémentitiels. Les matières fécales, ainsi poussées en avant par les contractions des fibres circulaires, passent graduellement dans l'S iliaque, refoulant devant elles celles qui s'y trouvaient déjà et qu'elles font descendre dans le rectum jusqu'au-dessus des sphincters.

7° *Défécation.*

La pression abdominale s'exerce sur les matières contenues dans l'S iliaque et se transmet par elles jusqu'aux matières contenues dans la partie inférieure du rectum. Tant que cette pression ne passe pas une certaine limite, la ténacité du sphincter anal les retient sans que nous en ayons conscience; quand elle augmente, il survient une sensation particulière de *défécation*; sous l'influence de ce besoin, il se

tion du rectum amène des contractions énergiques des matières fécales, le ventre étant ouvert, parce que les muscles abdominaux puissent intervenir, dans les conditions normales, ces muscles contractent et d'autant plus énergiquement que les matières sont plus volumineuses. Les fibres longitudinales contractent et dilatent l'orifice anal, en même temps que l'anus, tout en contribuant au mécanisme de la face postérieure du rectum d'arrière en avant, la partie inférieure au-devant de la masse fécale; lafluence de la pression considérable produite par les muscles abdominaux, surmonte facilement la résistance des sphincters et franchit l'ouverture anale.

Innervation. — Les mouvements de défécation sont dirigés d'un centre nerveux qui se trouve à la partie inférieure de la colonne lombaire, centre *ano-spinal* de Masius.

Rôle mécanique des gaz intestinaux. — Les gaz tiennent la béance du tube alimentaire. En outre, et c'est le plus important, ils transforment la cavité abdominale en une sorte de bulle gazeuse élastique qui aide à la pression dans l'effort et qui, dans l'expiration, tend à pousser le diaphragme par son élasticité.

Bibliographie. — SCHREIBER : *Leçons sur la physiologie*

mettre à nu les orifices des uretères, si on les examine chez l'homme dans les cas d'exstrophie vésicale, où cette paroi de la vessie est à nu, on voit que l'urine s'écoule goutte par goutte à intervalles réguliers (trois quarts de minute environ). La contraction de l'uretère aide cette progression de l'urine, surtout quand la vessie déjà distendue tend à accoler les parois de l'uretère au moment de son passage oblique à travers les parois vésicales. Les contractions de l'uretère se font avec une vitesse de 20 à 30 millimètres par seconde, et seraient tout à fait indépendantes de la distension de la vessie se dilate peu à peu par les uretères, tout en conservant sa forme pour conditions l'occlusion de l'orifice uréthral. Cette occlusion est due à l'accolement pendant lequel ces conduits traversent la paroi vésicale sans qu'il y ait de occlusion du côté de l'urine.

Il est donc évident que la pression de l'urine dans la vessie ne dépasse pas une certaine limite, cette occlusion est involontaire et inconsciente. Elle se situe dans la région prostatique; c'est là que se trouve le diaphragme à la sortie de l'urine et non, comme on l'a cru, dans la partie membraneuse. En effet, si, sur le cadavre, on introduit une sonde dans l'urètre, tant que la sonde est dans la partie membraneuse il n'y a pas d'écoulement d'urine; elle s'écoule dès que la sonde arrive dans la partie prostatique; et, du reste, l'expérience chirurgicale montre que l'urine est conservée dans la vessie après l'incision de la partie membraneuse dans l'uréthrotomie externe. L'incision de la prostate, au contraire, est suivie d'incontinence d'urine. Cette occlusion ne peut, par conséquent, être due aux fibres circulaires de l'orifice uréthral de la vessie, au prétendu sphincter vésical.

Quel est maintenant l'agent de cette occlusion prostatique? Les conditions entrent en jeu : l'élasticité de la prostate, d'abord, et c'est elle qui maintient l'urine dans la vessie après la contraction de la vessie et qui s'oppose même à sa sortie quand on presse sur cette vessie; puis, en seconde ligne, les fibres musculaires de cette prostate qui constituent un véritable sphincter. Chez la femme, où il n'existe pas, c'est ce sphincter qui, seul avec le tissu uréthral, s'oppose à la sortie de l'urine; aussi faut-il un effort bien moindre pour en amener l'expulsion.

Pendant son séjour dans la vessie, l'urine subit modifications sur lesquelles les auteurs sont loin de s'accorder. suivant les uns, elle deviendrait plus concentrée. Karvian, avant d'autres, au contraire, elle absorberait de l'eau. Un peu d'urée qui serait reprise par le sang. Treskowitz, Edlén, l'urine, à mesure de son arrivée dans la vessie, partirait par couches de densité croissante en allant du haut au bas et, par conséquent, les parties émises les premières par la miction seraient les plus denses.

Quand la vessie a acquis un certain degré de distension, les nerfs sensitifs sont excités, et il se produit par action réflexe des contractions des fibres musculaires vésicales qui chassent quelques gouttes d'urine dans la partie inférieure de l'urètre, nous éprouvons alors une sensation pénible, le besoin d'uriner, auquel nous pouvons céder ou résister. Si nous nous pouvons lutter. Dans ce dernier cas, les fibres musculaires de l'urètre (sphincter volontaire des parties prostates) se contractent et refoulent l'urine dans la vessie. Au bout de quelque temps, les mêmes phénomènes se reproduisent et le besoin d'uriner reparait avec plus de violence. Enfin nous cedons à ce besoin, la miction se fait par le mécanisme suivant. Les fibres musculaires de la vessie se contractent, en même temps que le sphincter volontaire se relâche et chassent peu à peu l'urine dans l'urètre. Aussitôt après la miction un léger effort, avec occlusion de la glotte, la contraction seule de la vessie suffit pour expulser l'urine, puis, à la fin de la miction, un nouvel effort est nécessaire pour chasser les dernières gouttes qui se trouvent dans la partie uréthrale de la vessie. Celle-ci prendrait alors sous la pression des viscères abdominaux la forme d'une cupule à concavité supérieure, comme on le voit dans la figure 131. Cependant, chez les animaux, la vessie peut se vider complètement sous l'influence de la galvanisation, sans l'intervention des muscles abdominaux. La contraction

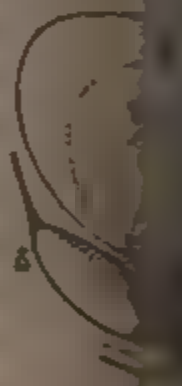


Fig. 131
miction

Fig. 131. 1, contour de la vessie distendue par l'urine, par leur propre poids prennent successivement les positions 2, 3, 4, 5, puis la position 6, où les viscères les refoulent dans la position 6.

circulaires de l'urètre et du bulbo-caverneux achève de la colonne d'urine qui se trouve dans l'urètre vacuite de la vessie.

Remarque. — Le centre nerveux de la miction se trouve dans la moelle. (Golliz.)

7° MÉCANIQUE DE LA CIRCULATION.

a. — Circulation sanguine.



Le sang est contenu dans un système de canaux élastiques dont l'ensemble forme un tout continu et constitue l'appareil vasculaire. Cet appareil, dont il a déjà été donné une idée générale (voir page 81), est disposé de la façon suivante chez l'homme et les animaux supérieurs (fig. 132).

L'aorte (a), partie du ventricule gauche, va se ramifier (artères) et fournir les capillaires de tous les organes (c), à l'exception de ceux des vésicules pulmonaires; ces capillaires, appelés aussi capillaires généraux, donnent naissance à des veines (ce) qui finissent par se réunir en deux gros troncs (veines caves supérieure et inférieure) qui s'ouvrent dans l'oreillette droite; de l'oreillette droite le sang passe dans le ventricule droit et de là dans l'artère pulmonaire

monaire ; les cavités gauches du cœur, les artères et l'aorte et ses branches (artères) contiennent le sang artériel, les cavités droites du cœur et les veines contiennent du sang veineux.

Le sang remplit l'appareil vasculaire de manière que les parois des vaisseaux, autrement dit les vaisseaux, ne contiennent plus de sang qu'il n'en faut pour leur calibre de leur forme naturelle ; le sang se trouve donc grâce à la tension de la paroi vasculaire, sous un état de tension sujette à varier, du reste, avec les variations de la pression totale du système vasculaire.

Le sang n'est pas immobile dans les vaisseaux, c'est-à-dire qu'il s'y meut et toujours dans la même façon qu'une molécule sanguine prise en un point de l'appareil vasculaire revient, au bout d'un tour, à son point de départ. La découverte de la circulation du sang a été faite en 1628, par Harvey.

La circulation du sang se fait d'après les mêmes lois que le mouvement de tous les liquides, la cause de ce mouvement n'est autre que la différence de pression du sang dans les divers segments du circuit vasculaire, et si le cœur est considéré comme l'organe principal de la circulation, son rôle essentiel est précisément de maintenir la pression.

Mouvements des liquides dans des tubes rigides.

On suppose le cas le plus simple, celui d'un réservoir d'eau à niveau constant (M, fig. 133), terminé par un tube horizontal, nous ver-

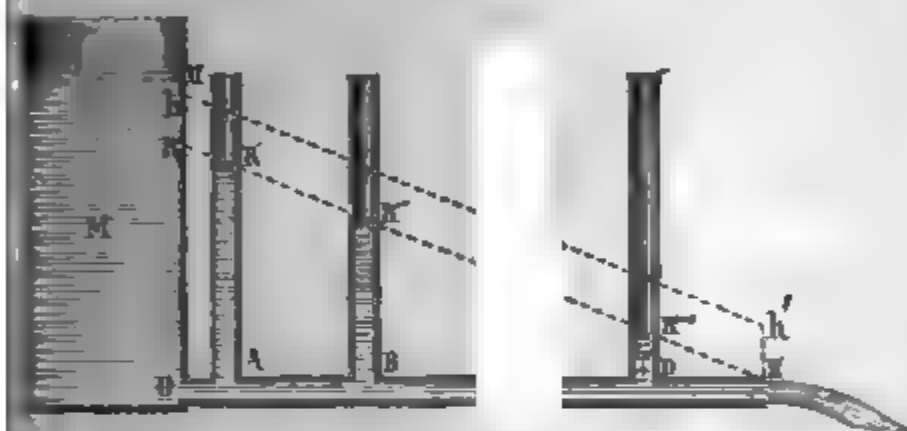


Fig. 133. — Écoulement dans un tuyau rectiligne et de section uniforme. (Wundt.)

ce le mouvement du liquide dans ce tube est soumis aux conditions suivantes. Les obstacles au mouvement sont les frottements des uns des liquides les uns contre les autres et, de plus, contre les parois du tube horizontal quand le liquide ne mouille pas les parois de ce tube, dans le cas contraire, et c'est ce qui arrive pour le sang, le sang qui mouille les parois du tube y adhère et forme une couche adhérente à la périphérie de la colonne liquide en mouvement; les mo- des couches concentriques de liquide ont d'autant plus de vi- tesse qu'elles se rapprochent plus de l'axe même du tube où se trouve le maximum de vitesse, et les frottements (résistances) d'une couche contre une autre sont proportionnels aux différences de vitesse des deux

cause qui fait mouvoir le liquide est la pression de l'eau dans le réservoir M, pression qui se mesure par la hauteur même de la masse d'eau contenue dans le réservoir. Mais cette hauteur ou cette pression se décompose à son tour en trois fractions distinctes; une partie de cette hauteur, Hh , sert à vaincre les résistances qui se font par la collision des molécules liquides à leur entrée dans le tube horizontal; une deuxième partie, hR , détermine la progression ou l'écoulement du liquide; enfin, la dernière partie, HO , sert à surmonter les résistances dans le trajet à travers le tube horizontal (frottements des uns des liquides pendant leur écoulement). De ces trois hauteurs, la première, Hh , est constante; la deuxième, hR , est constante aussi; en

en même temps du calorique, et la tension latérale qui nait ne fait que se transformer en chaleur.

Les lois suivantes régissent alors les mouvements du cas donné :

1° La pression est constante dans tous les points d'un versale du tube (*) ;

2° La pression diminue régulièrement dans la direction et l'inclinaison de la ligne de pression est constante ;

3° La pression est accrue par tout ce qui augmente l'allongement du tube d'écoulement, diminution de son diamètre ; elle augmente comme le carré de la vitesse ; si la vitesse est 1, 2, 3... la pression est 1, 4, 9... ;

4° La vitesse moyenne d'écoulement est égale dans tout le tube ;

5° La vitesse moyenne varie :

Avec le calibre du tube ; elle augmente quand le calibre est plus grand ;

Avec la longueur du tube ; plus le tube se raccourcit, plus la vitesse est grande ;

Avec la pression ; les vitesses augmentent comme la racine carrée des pressions ;

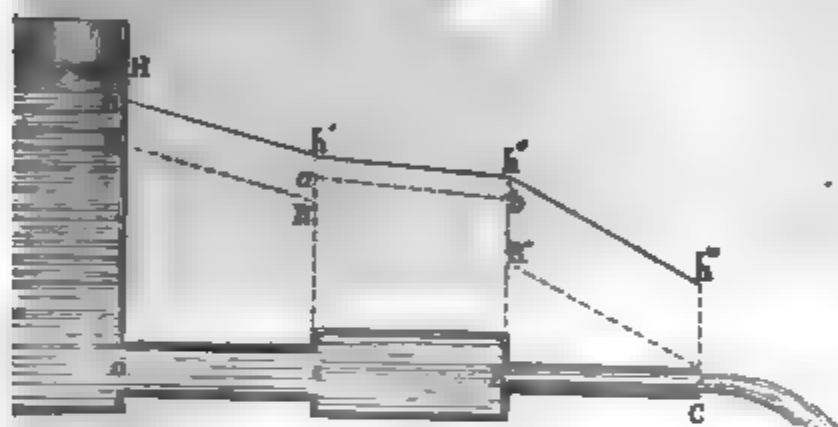
(*) On appelle *vitesse moyenne* la vitesse que toutes les molécules devraient avoir si, dans l'unité de temps, il passait par un versale du tube autant de liquide qu'il en passe en réalité, en supposant ces molécules animées d'une vitesse égale. En représentant par Q l'écoulement, par t , l'unité de temps, par s , la surface du versale, la vitesse moyenne est $\frac{Q}{s \cdot t}$.

nature du liquide qui s'écoule (viscosité, fluidité, etc.) ;
température du liquide ; pour un liquide donné, elle aug-
mente la température.

La longueur du tube paraît sans influence sur la vitesse d'écoule-
ment à l'existence de la couche inerte ; aussi peut-on appliquer
aux de l'organisme vivant les expériences faites sur des con-
duits.

Les volumes de liquide écoulés sont proportionnels aux carrés
des diamètres des tubes d'écoulement.

La pression dans des conduits de diamètre variable. — Dans ce
cas, la vitesse représentée par h, h', h'' varie en rai-
son du calibre du conduit. La pression $R, R', R'',$ etc.,



L. — Écoulement dans un tuyau rectiligne de diamètre variable. (Wendt.)

le passage du tube étroit OA au tube large AB fait baisser
la pression dans le tube étroit, que le passage du tube large AB au
tube BC fait hausser la pression dans le tube large.

Les courbures ont la même influence qu'un rétrécissement du tube
en amont du coude, c'est-à-dire que la vitesse diminue en amont du coude,
la pression y augmente ; mais en réalité les différences de
pression sont assez faibles, même pour des angles considérables.

La pression dans les tubes ramifiés. — Si on embranche un tube
sur un conduit, l'écoulement et la vitesse augmentent dans le
conduit principal, en même temps que la pression y baisse plus rapi-
dement. La figure 135 représente, à l'état schéma-
tique, ce qui se reproduit en grand dans l'appareil vasculaire ; un
truncus donne naissance à une série de bifurcations dont le
diamètre est supérieur à celui du tube primitif, bifurcations qui se
rejoignent de nouveau en un tube unique. La ligne R, R', R'', etc., indi-
que les variations de pression latérale dans les divers points

Écoulement dans les tubes capillaires — *Transpiration*
ham. — Pour étudier l'écoulement des liquides dans les tubes

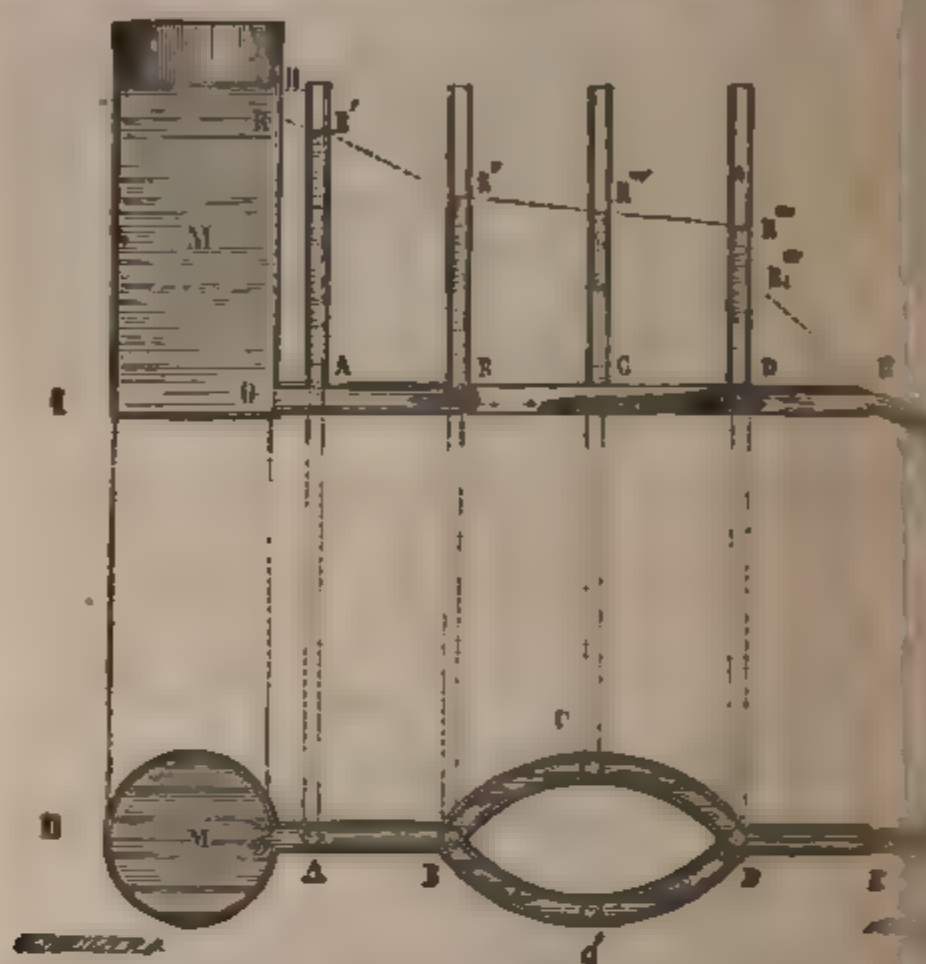


Fig. 135. — Écoulement d'un liquide dans un système de tubes ramifiés.

laire, Poiseuille s'est servi de l'appareil suivant Fig. 136, p. 641. Ce tube de verre en forme de fuseau, M se continue à sa partie inférieure en un tube qui présente sur son trajet une ampoule, A, et se recourbe horizontalement en se continuant par un tube capillaire *f* et au-dessous de l'ampoule dont la capacité est connue et par deux traits *c* et *d*. On remplit d'abord l'ampoule *A* d'eau et qu'au-dessus du trait *c* et on place le tube capillaire *f* dans un réservoir d'eau; on fait alors communiquer la partie supérieure avec un réservoir d'air comprimé et on ouvre le robinet *r*; le liquide s'écoule par le tube capillaire et, avec un cathétomètre, on détermine le moment où le niveau du liquide affleure en *c*, et le temps qui s'écoule jusqu'à ce que le liquide arrive en *d*; on connaît le calibre du tube capillaire, la température du liquide et de l'air comprimé; il est facile alors de trouver la durée d'écoulement. Poiseuille a trouvé les chiffres suivants pour la durée d'écoulement de divers liquides :

	Secondes.	Transpirabilité.
eau distillée	535,2	1
ther ordinaire	160,5	0,299
alcool à 80°	1184,5	2,213
serum du sang de bœuf	1029,0	1,922

Cette colonne donne la transpirabilité de ces divers liquides, de l'écoulement de l'eau distillée étant prise pour unité.



Haro s'est servi pour étudier la transpirabilité d'un simple tube thermométrique terminé à sa partie supérieure par une sorte d'entonnoir et à sa partie inférieure par une ampoule; on plonge l'extrémité supérieure dans le liquide et on aspire par l'ampoule, une fois le tube rempli, on applique la pulpe du doigt sur l'ouverture de l'entonnoir et on retourne le tube, qu'on place sur un support; le liquide s'écoule et on note le temps de l'écoulement jusqu'à ce que le niveau du liquide soit arrivé à un trait marqué sur le tube capillaire. (Haro: *De la Transpirabilité du sang*. 1873.) A. Schklarewsky a donné aussi un petit appareil à l'aide duquel on peut obtenir facilement un écoulement constant, soit ascendant, soit descendant, dans un tube capillaire. (*Arch. de Pflüger*, t. 1, p. 625.)

Les lois suivantes régissent l'écoulement dans les tubes capillaires :

1° La vitesse d'écoulement est proportionnelle à la pression; elle est proportionnelle au carré du diamètre du tube; elle est en raison inverse de la longueur du tube. La température active la vitesse d'écoulement; cette accélération est beaucoup plus marquée pour le sang défilbriné que pour le sérum, qui se rapproche sous ce rapport de l'eau distillée. (Haro.)

2° Le volume d'eau écoulé est proportionnel à la quatrième puissance du diamètre capillaire; pour des tubes ayant 1, 2, 3, etc., de diamètre, le volume écoulé sera 1, 16, 81, etc.; ce volume est proportionnel à la pression; il est en raison inverse de la longueur du tube.

. Appareil de Poiseuille.
(voir page 640.)

2° Écoulement dans les tubes élastiques

Il peut se présenter deux cas. Quand la pression est constante, l'écoulement se fait comme dans des tubes rigides et il est dans un état permanent dans lequel la force élastique des parois fait équilibre à la tension du liquide, c'est ce qui arrive pour les petites artères capillaires et les veines, dans lesquelles l'écoulement est continu.

Mais il n'en est pas de même quand la pression qui fait avancer le liquide, au lieu d'être constante, est *intermittente*, comme, par exemple, l'action du piston d'une pompe foulante, ou comme l'action du ventricule. Dans ce cas, chaque poussée détermine tout d'abord un mouvement de progression des molécules liquides, mais ce mouvement d'ondulation tout à fait comparable aux ondes produites minées sur la surface de l'eau par la chute d'une pierre; dans cet exemple c'est l'élasticité de l'air qui remplace l'élasticité de la paroi des tubes de conduite.

Soit une poussée du piston dans le tube élastique, les molécules liquides passent de la façon suivante. Les molécules liquides subissent une impulsion devant elles, mais à cause de la résistance des molécules situées devant elles, cette impulsion se transforme en un mouvement elliptique qui peut être représenté par la ligne A *fig. 137*.



Fig. 137. — Trajectoire décrite par une molécule liquide quand le piston revient sur lui-même, la molécule liquide a le mouvement d'ondulation.

Si le piston revient sur lui-même, la molécule liquide a le mouvement d'ondulation totale décrite par cette molécule pendant la durée d'une ondulation (allée et venue du piston peut être figurée par une sinusoïde). Dans le cas supposé, la molécule, à la fin de l'ondulation, est dans la position primitive, mais, en réalité, il n'en est pas ainsi. À la fin de l'ondulation la molécule liquide a progressé d'une certaine distance, sorte qu'il y a un mouvement de translation combiné avec le mouvement d'ondulation, et la forme de la trajectoire, dans ce cas, est représentée par la ligne B *fig. 138*.

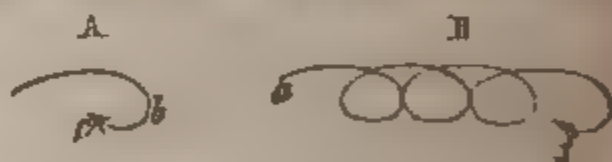


Fig. 138. — Trajectoire des molécules liquides dans le cas de combinaison du mouvement de translation et du mouvement d'ondulation. (Wundt.)

La trajectoire représentée par A *fig. 138*, et, après quatre ondulations successives, la molécule liquide se trouvera transportée de a en b *fig. 138*.

de poussée du piston, la paroi du tube élastique se trouve tendue par l'afflux du liquide dans une certaine longueur (d'ondulation); une fois le piston arrêté, cette paroi réagit par élasticité, et chasse le liquide dans la partie du tube qui vient après; celle-ci se dilate à son tour, et ainsi de suite. Chaque poussée, c'est-à-dire une ondulation, se révèle par une augmentation de tension et de pression du liquide et par une dilatation du tube élastique qu'elle produit à un moment donné; il est même facile de sentir à la main le passage de ces ondulations et même de les voir si, au lieu d'un tube à parois épaisses, on prend, par exemple, une anse d'intestin. Si l'on admettons que le piston qui refoule le liquide dans le tube soit disposé de façon à ne produire que des poussées sans mouvement de recul, chaque nouvelle poussée déterminera une ondulation dans laquelle les molécules progresseront dans le sens de la propagation; si les poussées se succèdent assez rapidement, on aura une série d'ondulations qui parcourront successivement le tube élastique. Mais au bout d'une certaine longueur de tube, les ondulations s'affaiblissent et finissent par disparaître et le mouvement se transforme peu à peu en mouvement continu. C'est là un effet de l'élasticité des parois du tube qui emmagasinent une certaine quantité de mouvement produit pendant la poussée du piston et la restituent pendant son repos. L'élasticité du tube joue le rôle de la chambre à air des pompes à incendie.

Si le piston, au lieu d'une poussée, fait un mouvement de recul ou si, au lieu d'une onde positive on a une onde négative qui se traduit par un rétrécissement au lieu d'une dilatation et qui se propage dans le tube comme l'onde positive, avec cette différence que les molécules marchent en sens inverse de la propagation de l'onde.

M. Marey a trouvé que, pour les tubes de caoutchouc, la vitesse de propagation de l'ondulation était de 11^m,472 par seconde.

L'élasticité des conduits influe aussi sur la dépense du liquide, mais surtout quand l'afflux de liquide est intermittent. Ce fait a été étudié par Marey. Son appareil consiste en un flacon de Mariotte qui verse dans un tube muni d'un robinet, tube qui se bifurque et dont chaque branche se continue par un long conduit; l'un est élastique et se dilate à son origine d'une soupape qui s'oppose au reflux du liquide; l'autre est en verre et par conséquent rigide. Les deux tubes ont le même débit, comme on s'en assure en ouvrant le robinet et en établissant un écoulement continu. Mais si l'on ouvre et ferme alternativement le robinet, on voit d'abord que l'écoulement par le tube élastique est intermittent pendant qu'il est continu par le tube rigide. Ensuite la dépense est très-inégaie et le tube rigide verse beaucoup plus de liquide que le tube élastique.

3^e Schéma de la circulation de Weber

Weber a construit un appareil très-simple pour représenter les phénomènes essentiels du mécanisme circulatoire (fig. 13).

L'appareil de Weber se compose d'une anse d'intestin grêle repliée sur elle-même. La portion 1 de l'anse, qui représente le ventricule, est placée entre deux systèmes de soupapes, 2 et 11, qui empêchent le reflux du liquide en sens inverse de la direction des flèches. Ces soupapes font saillie dans des tubes de verre, 3 et 12, qui sont unis avec le segment ventriculaire 1 et avec le reste de l'anse intestinale. En 6, se trouve une espèce de crible, 7, qui met obstacle au passage du liquide et qui représente les capillaires; la portion d'intestin 4, 5, correspond au système artériel, la portion 8, 9, au système veineux. L'appareil se remplit d'eau par l'entonnoir 10; la direction des flèches indique la direction du mouvement du liquide. Supposons d'abord que le crible 7 n'existe pas. On comprime le segment 9 du tube qui figure l'oreillette; une partie du liquide passe dans le ventricule 1, l'autre reflue en sens inverse; on comprime alors le ventricule, la soupape 11 se ferme, la soupape 2 s'ouvre et le liquide passe dans les artères, 4. Si le tube artériel était rigide,

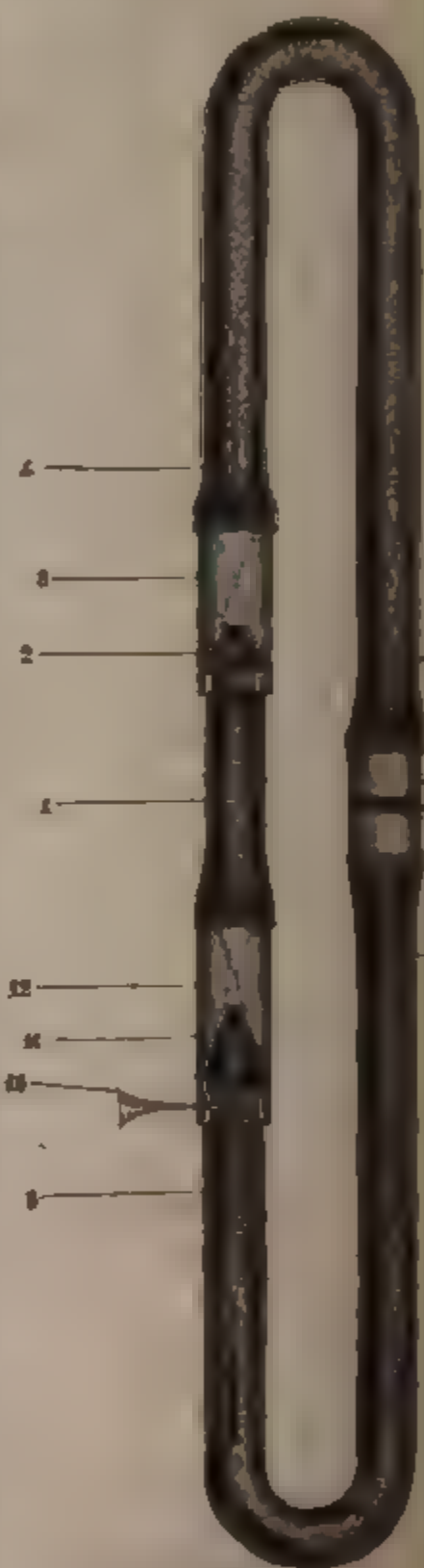


Fig. 130. — Schéma de l'appareil de Weber

La masse liquide incompressible serait mue dans le sens de la flèche 1, mais, les parois étant élastiques, la masse liquide poussée par le ventricule se loge dans la première partie du tube artériel qui se dilate, puis de cette première partie dans une seconde et ainsi de suite. Le déplacement, au lieu de se faire en bloc et d'être instantané, est progressif; il se forme donc, à chaque poussée du liquide, une onde positive qui parcourt le tube artériel. Cette onde positive n'est pas suivie d'une onde négative parce que le liquide, à cause de la distension de la soupape 2, ne peut refluer dans le ventricule.

Maintenant, quand on cesse de comprimer le ventricule 1, il se relâche, et comprime l'oreillette 9, le liquide s'afflue dans le ventricule et il se forme au niveau de l'oreillette une onde négative qui se propage dans le tube veineux dans la direction de 9 en 8, en sens inverse des flèches; les molécules liquides n'en continuent pas moins à progresser dans le tube veineux dans la direction des flèches; le résultat total est un déplacement du liquide dans le sens d'une circulation de 8 en 9 et une onde négative se propageant en sens inverse.

Si on interpose en 6 un tamis ou une éponge, 7, que se passera-t-il? Il y aura les conséquences suivantes: 1° l'ondulation positive déterminée par la poussée du ventricule, au lieu d'arriver jusqu'à l'oreillette, s'arrêtera en 7 (capillaires) qu'elle n'aura dépassés et restera limitée au tube artériel; 2° à chaque contraction du ventricule, il passera plus de liquide du ventricule dans le tube artériel qu'il n'en passera de 5 en 8, du tube artériel dans le tube veineux; la pression augmentera par conséquent dans le tube artériel et diminuera dans le tube veineux jusqu'à ce que la différence des pressions atteigne un degré suffisant pour qu'à chaque poussée du ventricule autant de liquide de 1 en 4 que de 5 en 8 et de 9 en 1. A ce moment, le courant devient constant dans l'appareil à partir de 7 et la section transversale du tube veineux reste invariable.

Il est plus simple maintenant que d'appliquer ces notions à la circulation du cœur. Quand le ventricule se contracte, la valvule auriculo-ventriculaire empêche le reflux dans l'oreillette, les valvules sigmoïdes empêchent le reflux dans l'artère, de la dans les capillaires, et revient par les veines dans l'oreillette, celle-ci se contracte et pousse le sang dans le ventricule et ainsi de suite; quant à la question de savoir si une partie du sang de l'oreillette reflue dans les capillaires comme dans le schéma de Weber, elle sera traitée avec le même schéma du cœur.

La différence principale entre la circulation réelle et la circulation du schéma de Weber, c'est que l'onde négative qui, dans le schéma de Weber, se produit dans l'oreillette et se propage dans le tube veineux, n'existe pas dans la circulation animale, et le rôle de l'oreillette, comme on le voit, paraît être précisément de s'opposer à la production de l'onde négative. En outre, dans la circulation normale, le

On l'applique hermétiquement à la peau de la poitrine ; du ressort s'élève un ressort que l'on peut tendre plus ou



Fig. 160. — Graphique des mouvements du cœur chez l'homme (Marey.)

moins ; ce ressort est muni d'une petite plaque d'ivoire dans la région où se produit le battement du cœur. Les mouvements communiqués à l'air de la capsule par les pulsations du cœur,

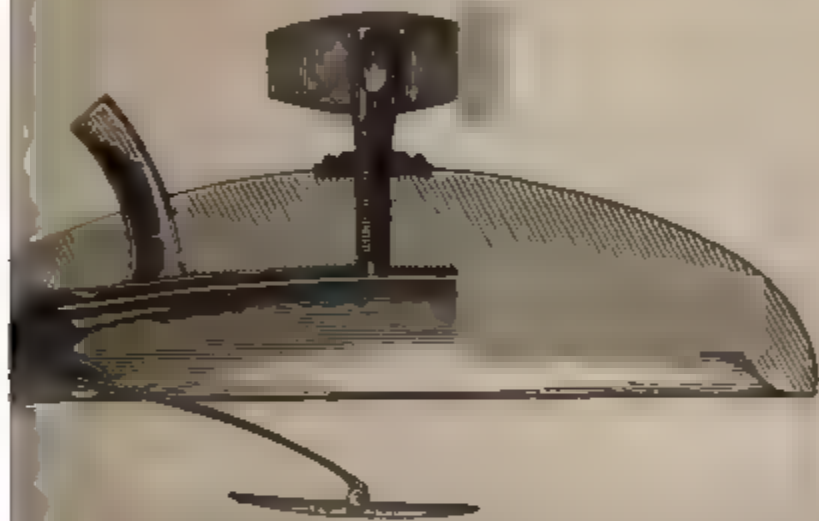


Fig. 161. — Sphygmographe de Marey.

le ressort, se transmettent par un tube au tambour du

CHEZ LES ANIMAUX. — En outre des procédés employés chez l'homme, on peut employer les procédés et les appareils suivants :

Procédé direct. — On peut mettre le cœur à nu en enlevant la paroi antérieure ; chez les animaux à sang froid, comme la grenouille, les mouvements du cœur continuent ainsi pendant très-longtemps ; on peut même extraire le cœur de la poitrine sans que ses mouvements s'arrêtent, et on a pu ainsi construire des appareils circulatoires ayant pour moteurs des cœurs de grenouille (Cyon, 1845, etc.) ou de tortue (Marey). Chez les mammifères, les mouvements du cœur ne tardent pas à s'arrêter après l'ouverture du thorax ; dans ce cas, il faut, pour entretenir les mouvements du cœur, recourir à la respiration artificielle.

2° *Examen au microscope des mouvements du cœur* — Ceci peut se faire sur de très-jeunes embryons, surtout sur des *exocoeli* de poissons.

3° *Implantation d'aiguilles dans le cœur à travers les parois cutanées* — Ce moyen est très-commode pour suivre et enregistrer les mouvements du cœur chez les animaux, les mouvements de l'aiguille peuvent être rendus plus apparents en attachant à son extrémité un petit drapeau ou en la faisant frapper sur un tinte ou un tambour. On peut aussi rattacher la tête de l'aiguille à un levier enregistreur et enregistrer ainsi les mouvements du cœur.

4° *Cardiographie*. — *Cardiographie simple ou Myographe de Marey*. — Cet appareil consiste en un simple levier enregistreur léger soulevé près de son axe de rotation par un petit *moelle de sureau* qui repose sur le cœur. — *Cardiographie à deux tiges* *Onimus* (fig. 142). Cet appareil consiste en deux tiges verticales



Fig. 142. — Cardiographe de Legros et Onimus.

portées par une branche horizontale et entre lesquelles le cœur se trouve saisi; l'une de ces tiges est fixe, l'autre est mobile sur d'un axe à pivot, et reliée par sa partie supérieure au levier enregistreur du myographe de Marey. quand le cœur augmente de volume dans le sens transversal, l'extrémité supérieure de la tige mobile entraîne le levier du myographe qui trace une courbe ascendante sur le cylindre enregistreur. La figure 143 représente le graphique obtenu de la grenouille prise avec le cardiographe. Chez les animaux

Le cardiographe ne peut être appliqué que si on pratique la respiration artificielle.

Il existe encore d'autres cardiographes, mais qui sont construits sur

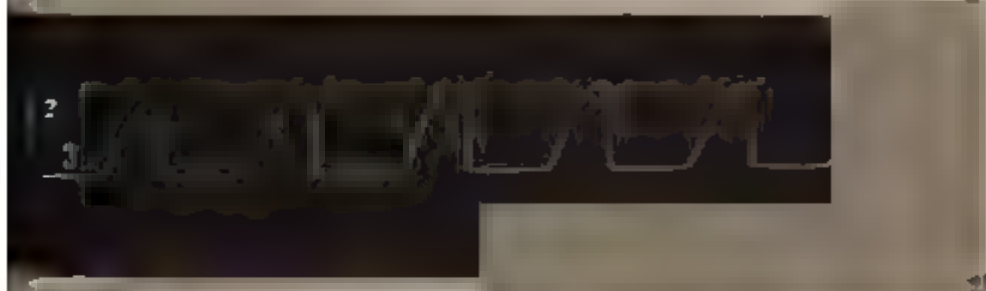


Fig. 142. — Cœur d'un cœur de grenouille.

Le différent et seront décrits avec les appareils destinés à mesurer la pression sanguine (Voir : *Pression sanguine*).

Les mouvements du cœur consistent en une série de contractions rythmées qui se succèdent avec un certain rythme pour chacune de ses cavités. La période de contraction a reçu le nom de *systole*, celle de relâchement le nom de *diastole*, on aura la systole et la diastole des oreillettes, la systole et la diastole ventriculaires. Les phases de mouvement se correspondent pour les cavités droites et gauches de même nom, les deux systoles auriculaires sont isochrones ainsi que les diastoles, et il en est de même pour les oreillettes, si au contraire on considère le ventricule et le ventricule du même côté, les phases sont successives, la systole ventriculaire succède à la systole auriculaire, et il n'existe que pendant un temps très-court ou le cœur se trouve en diastole. L'ensemble d'une systole et d'une diastole successives a reçu le nom de pulsation ou de révolution cardiaque et on peut la faire commencer avec le début de la systole auriculaire. La figure schématisque suivante (fig. 144, p. 650) illustre le rythme, la durée et la succession des mouvements des oreillettes et des ventricules, la systole est représentée par une courbe située au-dessus de la ligne des abscisses, la diastole par une courbe située au-dessous, le mouvement de l'oreille droite sur la ligne supérieure OO, celui du ventricule droit sur la ligne inférieure VV. La longueur des lignes OO, VV, représente la durée totale d'une révolution cardiaque. On voit sur la figure que la systole auriculaire occupe le cinquième seu-

La croix indique le début du graphique qui se lit de gauche à droite —
— 1, systole ventriculaire. — 2, repos du cœur

lement de la durée totale d'une révolution du cœur, et la systole ventriculaire les deux cinquièmes; que la systole auriculaire

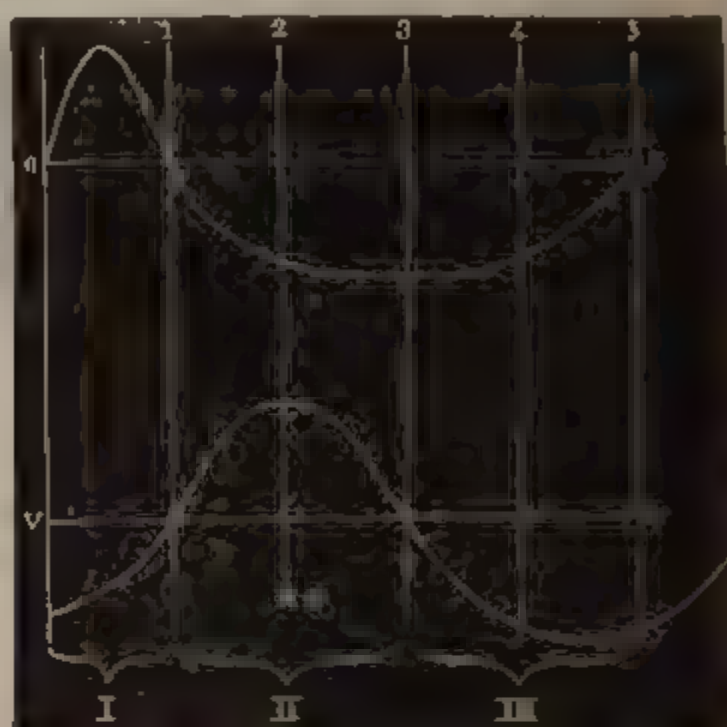


Fig. 144. — Schéma des mouvements du cœur.

cede immédiatement la systole ventriculaire, et que la systole ventriculaire coïncide avec le début de la diastole auriculaire; que pendant les deux cinquièmes de la durée totale, les oreillettes et les ventricules sont tous deux en diastole.

On peut donc partager, au point de vue des mouvements du cœur, la révolution du cœur en trois temps :

1^{er} temps, systole auriculaire,

2^e temps, systole ventriculaire,

3^e temps, diastole auriculo-ventriculaire, repos du cœur.
Le premier temps ayant la moitié de la durée des deux autres.
Le choc du cœur (t. p. 111) contre la paroi thoracique coïncide avec la systole ventriculaire.

Enfin, si on applique l'oreille contre la poitrine dans la région cardiaque (auscultation du cœur), on entend deux bruits distincts séparés par un silence et qui correspondent, le premier au premier temps, les deux bruits au deuxième et au troisième temps du cœur. Tels sont, d'une façon générale, les phénomènes que présente le cœur dans son activité; mais chaque phénomène exige une étude détaillée.

Position et équilibre du cœur dans le thorax.

Enveloppé par une membrane fibreuse, le péricarde est résistante, peu extensible et d'une élasticité faible. C'est dans la cavité péricardique que se meut le cœur. Cette cavité est facilitée par une séreuse dont le feuillet viscéral recouvre la face extérieure du cœur et le feuillet pariétal recouvre la cavité de la membrane fibreuse.

Le péricarde est adhérent, en bas, au diaphragme, et il suit et dont il limite les mouvements d'ascension; en haut, il se prolonge pour les gros vaisseaux du cœur, assez fixes eux-mêmes pour empêcher à peu près tout déplacement de la partie du péricarde, qui, au centre phrénique, tend à se rapprocher de la base, ne sont ni extensibles, ni rétractiles, la cavité péricardique ne peut changer de dimension, ni d'un réservoir élastique ou musculaire. La cavité ne se dilate pas par l'accroissement de ses parois, leur plissement, ou d'une plus ou moins grande quantité de sérosité, existe toujours pendant la vie, et enfin par la vasoturgescence plus ou moins grande des franges vasculaires qui naissent, soit du feuillet pariétal, soit du feuillet viscéral, soit de la ligne de réflexion des deux feuillets; on peut dire d'une façon certaine que ces variations ne peuvent jamais être considérables. La forme de la cavité ne peut varier aussi que dans certaines limites.

La même quantité de sérosité mentionnée plus haut, l'adhésion intime entre le cœur et le péricarde, de même le cœur et la paroi thoracique, et le volume total du thorax ne peuvent varier qu'à condition que le volume de la cavité varie de la même quantité.

La position du péricarde et du cœur dans la cavité thoracique ont des conséquences comparables à celles que nous avons étudiées pour les poumons (page 563). Tous les organes dans la cavité thoracique ont une tendance à se rapprocher de la paroi interne du thorax, en suite de la pression négative exercée à leur surface. En effet, la paroi interne du cœur et des vaisseaux se contractent, par l'intermédiaire du sang qu'ils con-

tiennent, une pression égale à la pression atmosphérique — 760 millimètres; à cette pression vient s'ajouter la pression exercée par l'élasticité pulmonaire qui peut varier de 4 à 10 millimètres de mercure (inspirations profondes). Les cavités cardiaques sont donc distendues par une pression qui varie entre 766 et 800 millimètres de mercure. Les obstacles à cette distension sont, d'une part : 1° l'élasticité même des parois des cavités, l'élasticité très-faible surtout pour les oreillettes dont les parois sont très-minces et qui, par conséquent, peut être considérée comme nulle; 2° d'autre part, la pression de l'air intra-pulmonaire. Cette pression est de 703 millimètres dans les inspirations profondes (voir page 436), de 759 millimètres dans les inspirations normales, de 762 millimètres dans l'expiration calme, par conséquent toujours inférieure à la pression qui tend à dilater les cavités cardiaques. Ce n'est que dans les expirations très-profondes, où la pression intra-pulmonaire peut atteindre 847 millimètres et plus, que la pression dépasse la pression dilatatrice, et nous verrons que dans ces cas il peut y avoir une véritable compression des

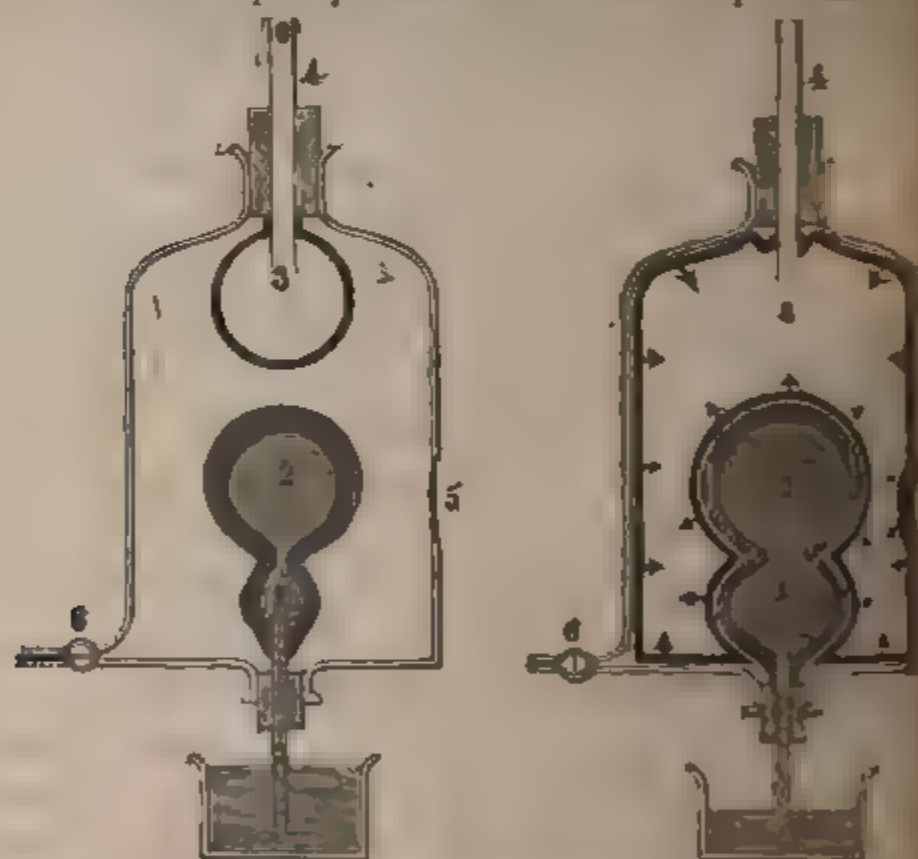


Fig. 145 — Équilibre du cœur dans le thorax (Hermann).

L'appareil ci-dessus (fig. 145), emprunté à Hermann, éclaire les positions.

flacon, figurant la cage thoracique, communique avec l'extérieur par un robinet, 6. Ce flacon contient deux vessies élastiques, l'une, 3, représente le poumon et communique avec l'air extérieur par un tube, l'autre vessie représente le cœur et communique avec un réservoir d'eau ; celle-ci est divisée en deux segments, l'un, à parois minces, 1, l'oreillette ; l'autre, à parois épaisses, 2, figure le ventricule. Si maintenant on met le flacon 6 en communication avec une machine pneumatique et qu'on le vide, on voit les deux vessies se distendre et s'accoler l'une contre l'autre jusqu'à ce qu'elles aient rempli le flacon ; la distension est maximum pour les poumons, 3, bien moins prononcée pour l'oreillette, 1, et au minimum pour le ventricule, 2, dont les parois sont épaisses. Dans cet état, on voit que le ventricule et l'oreillette sont soumis à leur face interne à une pression égale à la pression atmosphérique exercée par l'intermédiaire du liquide du réservoir, et que leur face externe subit une pression égale à la pression atmosphérique (monnaie) diminuée de la valeur de l'élasticité pulmonaire dont on est indiquée par des flèches dans la figure.

La pression négative, due à l'élasticité pulmonaire, favorise la diastole des cavités cardiaques, mais, en revanche, elle met obstacle à leur contraction ; cependant cet obstacle est peu de chose, la systole étant due à la contraction musculaire qui n'a aucune difficulté à vaincre une pression qui n'est que de 6 à 40 millimètres, limites ordinaires de l'élasticité pulmo-

2° Mouvements du cœur.

Je vais successivement les mouvements des oreillettes et du ventricule.

Mouvements des oreillettes. — 1° *Systole auriculaire.* — La systole auriculaire est prompte et brève ; la contraction part des embouchures des veines et se propage rapidement vers les orifices auriculo-ventriculaires ; ainsi pour l'oreillette droite on constate souvent, immédiatement avant la systole auriculaire, des contractions faibles des veines caves ; la contraction des auricules paraît précéder la systole auriculaire. Le sang de l'oreillette se trouve soumis à une certaine pression et n'a que deux voies ouvertes : les veines ou le ventricule ; il suivra nécessairement celle où la pression est la plus faible, c'est-à-dire le ventricule. En effet, le ventricule est à l'état de relâchement absolu et, la faible élasticité de ses parois, n'oppose aucun obstacle à l'entrée du sang ; cet abord est même favorisé, comme on l'a vu,

par la pression négative due à l'élasticité pulmonaire. Dans les veines, au contraire, la pression, quoique faible, est repoussée, d'autant plus qu'elle se trouve encore augmentée par la traction des embouchures veineuses au début de la systole. Il peut donc y avoir à l'état normal de reflux dans les veines que ces veines soient dépourvues de valvules, il est probable que l'oreillette continue à recevoir du sang même pendant la systole, car elle ne se vide jamais complètement.

2° *Diastole auriculaire.* — A ce moment coïncide avec la même temps la diastole auriculaire et la systole ventriculaire. Dès que l'oreillette est relâchée, le sang y afflue en grande quantité des veines qui s'y abouchent, sous l'influence de la pression qui existe dans ces veines et de la pression nulle dans l'oreillette qui se laisse distendre passivement sans opposer de résistance. Mais la distension de l'oreillette à son maximum, empêcherait bientôt l'afflux sanguin si elle n'intervenait une disposition spéciale. Küss a surtout insisté avec raison : à mesure que le ventricule achève sa contraction, la valvule auriculo-ventriculaire se ferme et se

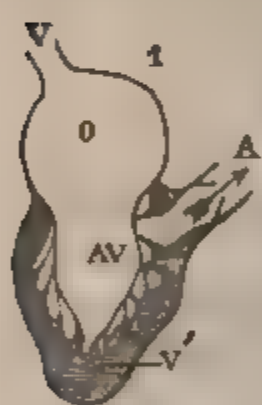


Fig. 140. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la contraction du ventricule. (Küss.)

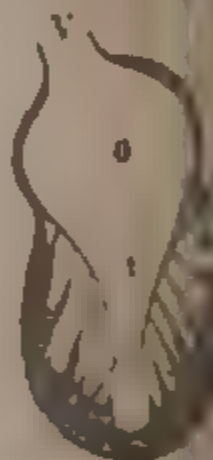


Fig. 142. — Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la systole. (Küss.)

une sorte de cône (fig. 146 et 147) qui prolonge l'oreillette et agrandit d'autant sa capacité, espace

Fig. 140. — 1, pendant la première moitié de la systole ventriculaire. — 2, systole. — AV, cône valvulaire. — O, oreillette. — V, ventricule. — A, artère pulmonaire.

Fig. 142. — V, veine. — O, oreillette. — V, ventricule. — A, artère. — 1, 2, infundibulum artériel.

à la diastole ventriculaire, communique avec la cavité du ventricule à travers les intervalles des muscles papillaires et permet à l'oreillette de recevoir de nouvelles quantités de sang (p. 147, p. 654).

En résumé, l'oreillette a pour fonction principale de maintenir constante la pression dans les veines, et, par son extensibilité, la pression qui tendrait à augmenter au moment de la systole ventriculaire, en l'augmentant au moment où elle tendrait à diminuer à la diastole ventriculaire.

Ventricules. — 1° *Diastole ventriculaire.* — Dès que le ventricule a cessé de se contracter, le sang, qui afflue de l'oreillette par le cône auriculo-ventriculaire, pénètre dans le ventricule ; il dilate jusqu'à ce que la pression soit égale dans le ventricule et dans l'oreillette ; il n'y a pas d'action aspiratrice du ventricule autre que celle qui est due à l'élasticité pulmonaire, mais quelques auteurs ont admis une action aspiratrice due à la contractilité même des parois du ventricule.

2° *Systole ventriculaire.* — La systole ventriculaire se produit lorsque la distension du ventricule atteint un certain degré ; elle succède immédiatement à la systole auriculaire. La contraction du ventricule est rapide et totale, moins rapide cependant que celle de l'oreillette ; tout le ventricule se contracte à la fois ; en même temps les muscles papillaires se contractent énergiquement et tendent fortement les valvules auriculo-ventriculaires ; les bords s'accolent de façon à empêcher le reflux du sang dans l'oreillette ; l'occlusion des valvules est subite et hermetique ; par suite à nu par l'oreillette la face supérieure des valvules ; si on injecte de l'eau dans les ventricules par l'aorte ou l'artère pulmonaire, pas une goutte d'eau ne passe dans l'oreillette. Le sang contenu dans le ventricule se trouve donc à ce moment comprimé entre le cône musculaire des parois du ventricule et le cône valvulaire énergiquement maintenu par les muscles papillaires. Il n'a qu'une voie d'échappement, l'aorte pour le ventricule gauche, l'artère pulmonaire pour le droit. Soit pour le ventricule gauche, l'aorte ; la pression du sang dans l'aorte est assez considérable, comme on le verra plus loin ; il faut donc que la pression ventriculaire communique au sang contenu dans le ventricule une pression supérieure à celle du sang aortique ; il

faut pour cela une plus grande énergie musculaire, dit une plus grande quantité de fibres musculaires, de sorte que l'épaisseur des parois du ventricule gauche comparées à celles des oreillettes : le sang, ainsi comprimé par le ventricule, passe sous les valvules sigmoïdes et pénètre dans l'aorte qu'il dilate.

Le ventricule se vide complètement à chaque systole, éjectant environ 180 grammes de sang dans l'aorte. Cependant, comme l'a dit Chauveau et Faivre, il resterait toujours un peu de sang sous des valvules auriculo-ventriculaires qui, d'après certains auteurs, formeraient un dôme du côté de l'oreillette sous l'impulsion poussée sanguine au moment de la contraction ventriculaire. On pourrait sur des chevaux tués par la section du tronc des artères, lesquels on pratique la respiration artificielle, sentir avec le doigt introduit dans l'oreillette l'existence de ce sang. C'est cependant encore douteuse et a été très-controversee.

La systole ventriculaire occupe environ les deux tiers d'une révolution totale du cœur, et sa durée est beaucoup plus constante que celle de la diastole qui varie dans des limites assez étendues. (Donders.)

Les mêmes phénomènes se passent dans le ventricule droit, mais seulement la pression dans l'artère pulmonaire étant beaucoup plus faible que dans l'aorte, le ventricule droit a besoin d'une plus grande énergie musculaire ; aussi ses parois sont-elles beaucoup plus épaisses et ses piliers musculaires moins puissants que ceux du ventricule gauche.

Le mécanisme de l'occlusion des valvules auriculo-ventriculaires a donné lieu à un très-grand nombre de recherches, mais nous est impossible d'analyser ici ; les plus importantes sont mentionnées dans la bibliographie.

Au moment de la systole ventriculaire, la forme du cœur change. Au lieu de représenter un cône oblique à base elliptique, il présente un cône droit à base circulaire. Les diamètres longitudinal et transversal de la partie ventriculaire diminuent, tandis que le diamètre antéro-postérieur augmente. En même temps, les ventricules subissent un mouvement de rotation autour de leur axe longitudinal, mouvement de rotation qui se fait vers la droite et découvre le ventricule gauche. En outre, on observe, au moins sur les cœurs nus à nu, un redressement du cœur ou une projection en avant de cette pointe.

dans l'état d'intégrité, se transforme probablement en mouvement de glissement contre les parois thoraciques, la descente du cœur et au déplacement qu'il subirait au cours de la systole en se portant à gauche et en bas, ils ne peuvent pas devoir être admis (*).

3° Choc du cœur.

Le choc du cœur est isochrone à la systole ventriculaire; on ne sent bien si on applique la main sur la région de la pointe du cœur; mais, en réalité, il n'est pas exclusif à la pointe des parties des ventricules; on sent la même sensation pendant toute la systole. Ce fait montre déjà l'insuffisance des théories qui attribuent ce choc du cœur à la projection ou au recul de la pointe. D'autre part, on ne peut admettre la théorie du recul d'Hiffelschmidt qui compare le choc du cœur au recul d'une arme à feu ou du tourniquet hydraulique de Sénac, renouvelée par Ludwig, d'après laquelle le cœur se redresserait par une sorte de mouvement de levier au moment où le ventricule lance une colonne sanguine dans ce

le choc du cœur est dû au durcissement brusque des fibres musculaires qui passent instantanément de l'état de flaccidité à l'état de tension extrême; ce passage rapide à une tension forte se sent bien quand on saisit entre les doigts un cœur qui se contracte; c'est elle qui transmet aux parois thoraciques et au bras qui les palpe la secousse qui constitue le choc du cœur, et on a besoin pour cela que le cœur abandonne la paroi pendant la diastole pour venir la frapper pendant la systole. Comme l'avaient fait croire quelques observations mal faites (**).

On a disposé son cœur artificiel de façon à imiter le choc du

la descente a été cependant observée par Wilckens sur un homme atteint du thorax (suite d'empyème), il est vrai que dans ce cas les positions normales d'équilibre du cœur pouvaient être modifiées.

Bamberger, sur un homme blessé à la région cardiaque, en introduisant le doigt dans la plaie, a senti que le cœur s'écartait du thorax pendant la diastole et s'en rapprochait dans la systole; mais, dans ce cas, les choses sont tout plus les mêmes que dans l'état normal.

cœur (fig. 148). Deux ampoules de caoutchouc représentent l'oreillette, 2, et le ventricule, 3; à l'oreillette est adapté un entonnoir

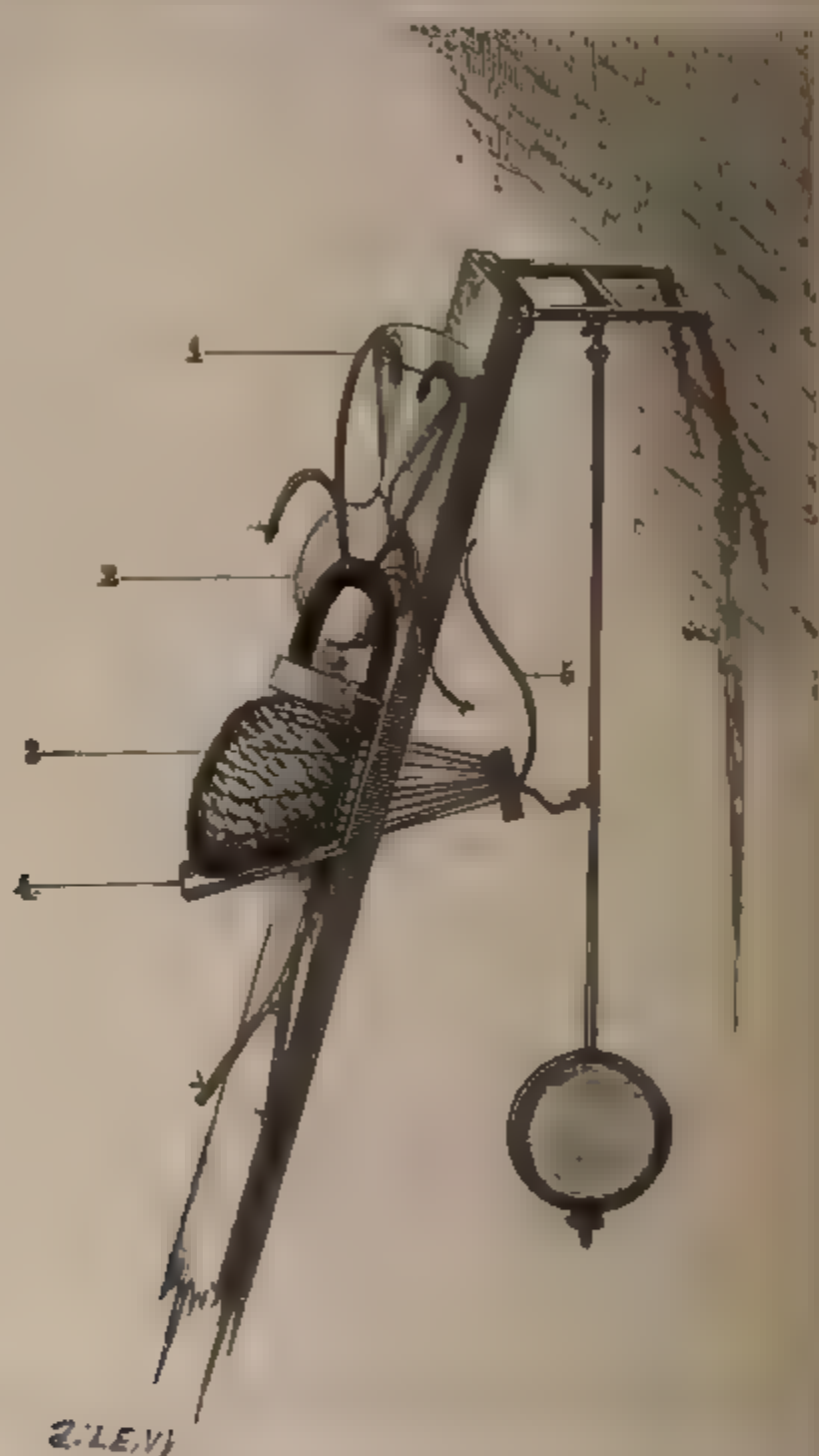


Fig. 148. — Schéma de choc du cœur (Marey)

lequel elle se remplit, et dans cet entonnoir vient se déverser le liquide chassé par la compression du cœur; des soupapes imitent le jeu des valvules cardiaques. Le tout est supporté par une planche comme l'indique la figure

est entouré par un filet de soie à mailles serrées, d'où partent des cordons qui s'attachent à un ressort, S, qui les maintient légèrement tendus. Derrière la planche oscille un pendule très-lourd aux cordonsnets par une corde lâche, à chaque oscillation de la planche tend la corde et, par sa traction sur les mailles du filet, comprime le ventricule qui chasse le liquide dans les artères; puis l'oscillation inverse du pendule, le ventricule se relâche et se remplit de nouveau. En appliquant la main sur ce ventricule artificiel, on se rend compte au moment où le ventricule est comprimé par le ressort pendulaire, et on a la même sensation que quand on tient la main le cœur d'un animal au moment de sa pulsation.

4° Bruits du cœur.

Les bruits du cœur sont au nombre de deux : le premier, qui coïncide avec le deuxième temps (systole ventriculaire) du cœur, est sourd et grave et s'entend surtout à la pointe du cœur; il dure à peu près aussi longtemps que la systole ventriculaire : le second bruit, clair, plus aigu (il y aurait entre les deux intervalle d'une quarte), coïncide avec le début du troisième temps et s'entend surtout à la base du cœur. Puis, à ces bruits séparés par un silence excessivement court succède un silence qui correspond à la fin du troisième temps et au quatrième temps.

L'explication de ces bruits a été très-controvertée. Sans entrer dans les détails d'une discussion beaucoup trop étendue pour un cours élémentaire, il suffira de donner l'explication la plus généralement admise.

Le premier bruit est attribué par beaucoup de physiologistes à la tension des valvules auriculo-ventriculaires; il est probable que cette tension joue un certain rôle; mais la plus grande partie vient certainement à la contraction musculaire elle-même; le second bruit est essentiellement un son musculaire; il dure aussi longtemps que la contraction du ventricule et persiste sur des cœurs de chiens curarisés, alors même que ces cœurs sont vides de sang et que par conséquent les valvules auriculo-ventriculaires ne peuvent être tendues. Quant à l'opinion ancienne, qui attribuait ce premier bruit au choc du cœur, on ne peut se soutenir, car il continue à se faire entendre sur des extraits de la poitrine.

Le second bruit est dû à la tension des valvules sigmoïdales sous l'influence de la pression produite sur le sang par l'élasticité de la paroi artérielle, c'est l'opinion de Rouanet, admise aujourd'hui par tous les physiologistes (1).

Le tableau suivant donne le synchronisme des mouvements du cœur et du pouls.

1 ^{er} TEMPS	2 ^e TEMPS	3 ^e TEMPS
Systole auriculaire. Diastole ventriculaire. Silence.	Diastole auriculaire. Systole ventriculaire. Premier bruit. Tension des valvules auriculo-ventriculaires. Choc du cœur. Pouls.	Diastole ventriculaire. Second bruit. Tension des valvules sigmoïdales.

Au lieu de faire commencer le premier temps à la systole auriculaire et de baser la division des temps sur les mouvements du cœur, on peut le baser sur les bruits du cœur et faire coïncider le premier temps avec le premier bruit, ce qui est moins logique au point de vue physiologique, mais est peut-être plus commode pour la pratique. Le tableau prend alors la forme suivante :

1 ^{er} TEMPS.	2 ^e TEMPS.	3 ^e TEMPS.
Premier bruit. Diastole auriculaire. Systole ventriculaire. Choc du cœur. Pouls.	Second bruit. Diastole ventriculaire.	Silence. Systole auriculaire.

5^e Fréquence des pulsations cardiaques

Le nombre des pulsations cardiaques est, chez l'adulte, de 75 par minute. A âge égal, il est en rapport avec

(1) Je n'ai pas cru devoir mentionner la théorie de Beau sur la production des mouvements et des bruits du cœur, théorie qui est rejetée par tous les physiologistes et ne peut être soutenue, surtout depuis l'emploi des électrocardiogrammes et des enregistreurs.

me du matin à midi, et remonte ensuite (même lorsqu'on jeûne) ; il augmente, après les repas, par l'exercice musculaire quelque faible qu'il soit, ainsi par le simple passage du décubitus horizontal à la station debout, par la chaleur, etc. Pour les variations d'âge et de sexe, voir : *Âge et Sexe*.

Il y a un rapport déterminé entre la quantité de sang en circulation et la fréquence des battements du cœur. Ainsi, dans la vie animale, à mesure que les battements augmentent de fréquence, la quantité de sang qui traverse en une minute 1 kilogramme de poids de l'animal augmente aussi, comme le montre le tableau suivant, dû à Vierordt.

	Quantité de sang par minute et par kilogramme.	Nombre de pulsations par minute.
Cheval	152	55
Homme	207	72
Chien	272	96
Lapin	620	220
Cabiai	892	320

6° Circulation cardiaque.

Les artères coronaires qui fournissent le sang au cœur, naissent de l'aorte au-dessus de l'insertion des valvules sigmoïdes, à une si faible distance que lorsque ces valvules se rabattent contre la paroi aortique, leur bord libre atteint presque et parfois dépasse l'orifice de ces artères. Tebsius et à sa suite beaucoup d'auteurs, se basant sur cette disposition anatomique, ont prétendu que les artères coronaires ne recevaient de sang pendant la diastole ventriculaire et que, pendant la systole, l'embouchure des artères coronaires était fermée par les valvules sigmoïdes. Brücke, dans ces derniers temps, a cherché à appuyer sur cette hypothèse une théorie des mouvements du cœur qu'il appelle l'*automatisme* du cœur (*Selbststeuerung*) ; le sang, arrivant pendant la diastole, amènerait en pénétrant dans les ramifications artérielles un élargissement passif des cavités cardiaques. Mais l'opinion de Brücke, appuyée par Ludwig, Herbig, etc., ne peut s'accorder avec ce fait bien constaté que la fréquence des artères coronaires est isochrone à la systole ventriculaire. C'est qu'en réalité les valvules sigmoïdes ne s'accro-

Lannelongue a émis l'idée que les mouvements rythmiques du cœur étaient dus aux variations de la circulation dans les diverses cavités cardiaques. Se basant sur ce fait qu'un cœur contracté est à l'état d'ischémie momentanée, il dressa le tableau suivant de la circulation pariétale des ventricules et des

Systole ventriculaire.	{	Ischémie de la paroi ventriculaire.
	{	Réplétion des vaisseaux auriculaires.
Systole auriculaire.	{	Ischémie de la paroi auriculaire.
	{	Réplétion des vaisseaux ventriculaires.

Dans ce cas, l'afflux sanguin qui se produit pendant la systole dans les parois des cavités du cœur déterminerait la contraction de cette cavité. La théorie de Lannelongue s'accorde difficilement avec le fait que le cœur, extrait de la poitrine, continue à battre pendant un certain temps en l'absence de toute circulation.

7° Quantité de sang du cœur.

La quantité de sang lancée par chaque ventricule pendant une systole peut être évaluée à 180 grammes environ. Plusieurs procédés ont été employés pour arriver à cette évaluation, mais ils sont tous plus ou moins entachés de causes d'erreur.

Procédés. — 1° *Mensuration directe.* — On peut mesurer la

calculer la quantité de sang qui passe dans l'aorte pendant un temps et d'en déduire, d'après le nombre des battements du cœur, la quantité de sang lancée dans l'aorte à chaque systole. Ainsi, si la vitesse du sang dans l'aorte étant de 173 millimètres par seconde et la coupe de l'aorte de 4,39 centimètres carrés, la quantité de sang qui passe dans l'aorte en une seconde sera de 207 centimètres cubes. Comme, par seconde, il y a une systole, plus un cinquième de systole, il y aura par systole une quantité de 172 centimètres cubes de sang poussée dans l'aorte par le ventricule. La même quantité de sang est chassée dans l'artère pulmonaire par le ventricule; sans cela le sang s'accumulerait peu à peu dans les poumons et la circulation serait entravée.

La quantité de sang lancée par le cœur n'est pas constante, du reste, chez un individu; elle peut varier, même à l'état physiologique, sous diverses conditions, et surtout suivant la pression sous laquelle le sang est poussé dans le ventricule pendant sa diastole.

8° Irritabilité du cœur.

L'irritabilité du tissu du cœur présente, d'une façon générale, les mêmes caractères que celle de tous les tissus musculaires; elle se distingue cependant par une plus longue persistance de son énergie que les autres muscles, et cette persistance est surtout marquée dans les cœurs d'animaux à sang froid (grenouille, etc.). Les mouvements persistent habituellement plus longtemps dans le cœur droit que dans le cœur gauche et c'est tout d'abord l'oreillette droite que disparaissent les contractions (les *moriens*).

L'irritabilité du cœur est liée à l'intégrité et à la nutrition du cœur comme pour tous les autres organes; cependant elle persiste même en l'absence de toute circulation, ainsi sur un cœur isolé de la poitrine; l'occlusion des artères coronaires ne peut que prolonger la durée des battements.

Le froid diminue le nombre des pulsations du cœur; la chaleur, au contraire, l'augmente jusqu'à un maximum à partir duquel il y a une diminution subite. Cette action se produit également, quoiqu'avec moins d'intensité, chez les animaux à sang chaud que chez les animaux à sang froid (Calliborcés).

L'irritabilité du cœur est nulle, en tant que sensibilité consciente; on peut le toucher, le pincer, le piquer sans déterminer

ventricule gauche pousse dans l'aorte 180 grammes, comme la pression dans l'aorte est de 20 centimètres qui correspondent à 2 mètres et demi de sang et pour surmonter cette pression, c'est comme s'il soulevait de sang à 2 mètres et demi de hauteur; l'effet du ventricule gauche sera donc par systole égal à $180 \times 2,5 = 450$ grammètres. Par seconde il sera de 0,45 kilogrammètre, ce qui donne pour 24 heures 16,656 kilogrammètres. La pression dans l'artère pulmonaire est plus faible que dans l'aorte (un tiers environ), le travail du ventricule droit sera évalué au tiers de celui du ventricule gauche, soit 150 grammètres, ce qui donne un total de 62,208 kilogrammètres par jour pour les deux ventricules. Si l'on réfléchit que le travail mécanique produit par l'homme en 8 heures de travail ordinaire d'un ouvrier ne dépasse guère 300 kilogrammètres, on comprendra facilement quelle énorme quantité de travail doit produire le cœur, puisqu'il accomplit environ le tiers du travail mécanique total de l'organisme.

Tout le travail mécanique ainsi produit par le cœur est transformé en chaleur.

3. — DE LA CIRCULATION DANS LES VESSELS

Les bifurcations d'un vaisseau ont, sauf de très rares exceptions, un calibre supérieur à celui du vaisseau

et aboutirait à l'oreillette, représenterait le système veineux capillaires pourraient être figurés par un cylindre très-



Fig. 149. — Schéma d'un cône vasculaire. (Küss.)

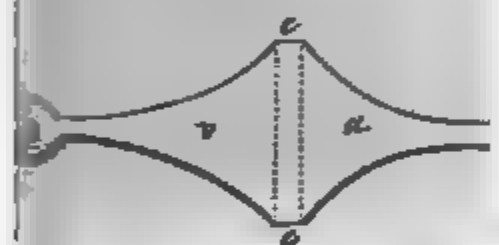


Fig. 150. — Schéma des cônes artériel et veineux avec interposition des capillaires. (Küss.)



Fig. 151. — Schéma de la grande et de la petite circulation. (Küss.)

(cf. fig. 150), intermédiaire aux bases des cônes artériel et veineux. Dans ce cas, l'ensemble du système circulatoire pourrait être schématisé par la figure 151.

Le rapport respectif des cônes artériel et veineux et du cylindre représentant l'ensemble des capillaires est impossible à évaluer avec précision. D'après Vierordt, l'aire des capillaires serait de l'aorte comme 800 : 1, et de l'aire des veines caves de 400 : 1.

A. — CIRCULATION ARTÉRIELLE.

Les parois artérielles sont à la fois élastiques et musculaires ; tandis que le tissu élastique prédomine dans les grosses

B. — A, artère se bifurquant successivement. — B, les branches de bifurcation sont rapprochées et juxtaposées. — C, ensemble du tronc primitif et de ses divisions latérales sont supprimées.

C. — V, ventricule. — O, oreillette. — a, cône artériel. — v, cône veineux. —

A, grande circulation. — V', ventricule gauche. — a, aorte et son cône artériel.

— v, cône veineux. — O, oreillette droite. — B, petite circulation. —

— v', artère pulmonaire et son cône artériel. — C, C', capillaires. —

— O', oreillette gauche. (La partie ombrée de la figure correspond

vent de la partie étroite (grosses artères) ; la partie large (petites artères) du cône artériel est donc bien étudiée à part (¹).

1° Rôle de l'élasticité artérielle.

Procédés d'exploration Sphygmographie. —

METRIQUES. — *Sphygmomètre d'Hérisson Manomètre Chélius et Naumann*. — Ces appareils se composent d'un tube en verre rempli d'un liquide et dont la partie inférieure, évasée et fermée par un bouchon, s'applique sur l'artère ; le liquide du tube monte et descend avec les pulsations artérielles.

2° SPHYGMOGRAPHES ENREGLISTREURS A LEVIER. —

Vierordt fig 152). — L'appareil à la construction du troisième genre, *a b*, tourne dans un plan vertical horizontal *c c*. De ce levier descend une tige verticale qui porte une plaque, *p*, qui s'applique sur l'artère *R*. Des poids placés sur la tige, *PP'*, permettent de graduer la pression de cette plaque. Les mouvements de dilatation de l'artère se traduisent par le mouvement du levier, soulèvement qui se trouve très-amplifié. On peut transformer ce mouvement d'arc de cercle en un mouvement rectiligne. Vierordt emploie un deuxième levier plus court, *d e*, qui tourne dans un plan vertical *g f*, ce second levier tourne dans un plan vertical et

(¹) Kuss admet que la forme naturelle des artères est une forme rubanée due, selon lui, à la lutte entre l'action de la pression sanguine qui tend à réduire la lumière de l'artère à un point

Les extrémités *f* et *a* des deux leviers sont articulées avec des transversales, *nn*, *mm*, et ces barres sont contenues dans

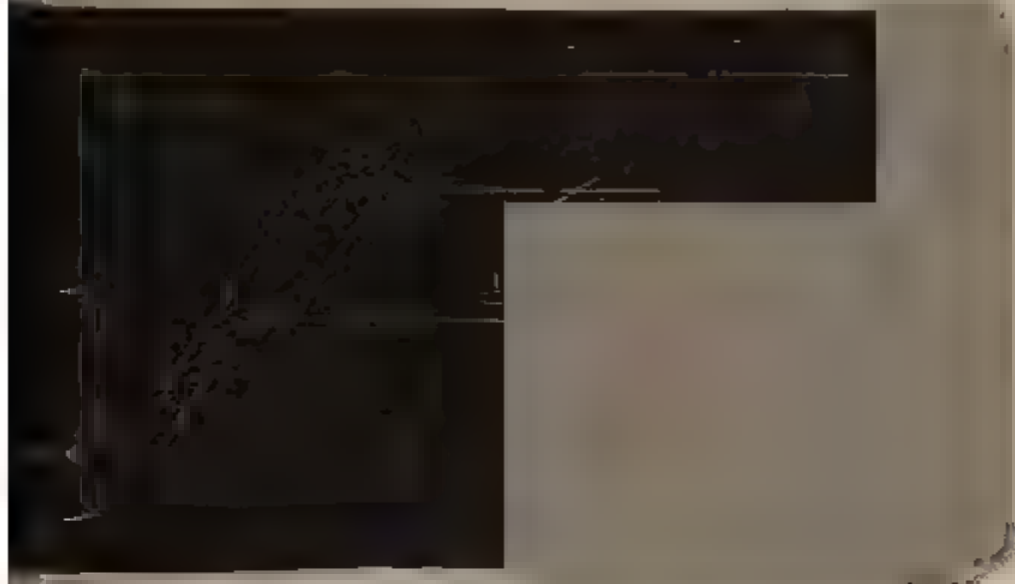


Fig. 152. — Sphygmographe de Vierordt

quadrangulaire de l'extrémité inférieure duquel part la tige *o* à laquelle s'attache le pinceau écrivain. Grâce au second levier *fg*, *g* étant mobile, le mouvement de la tige *o* et du pinceau se fait sur une ligne verticale et non plus en arc de cercle. Cet instrument a des inconvénients ; il est paresseux, ses oscillations sont lentes, la pulsation obtenue avec cet appareil présente une période non égale à la période de descente, ce qui n'existe pas en

Sphygmographe de Marey. — Le sphygmographe de Marey se compose de deux parties réunies ensemble, un appareil transmetteur et un appareil enregistreur (voir : Fig. 153). L'appareil transmetteur est composé d'une partie fixe et d'une partie mobile. La partie fixe est un plateau rectangulaire qui se place au-dessus de l'artère et est maintenu sur l'avant-bras par deux demi-gouttières latérales réunies par un lien. La partie mobile représente un système de deux ressorts mis en mouvement par la pulsation de l'artère. Un levier en acier fixé par un de ses bouts à l'un des petits côtés du plateau a à son extrémité libre un bouton d'ivoire qui s'applique sur l'artère. Une vis permet de graduer la pression du ressort sur l'artère. De la partie supérieure du bouton s'élève une petite tige qui est articulée avec une roue dentée, dont l'une supporte le levier enregistreur. Ce levier est très-léger et très-long ; la pulsation de l'artère soulève le bouton d'ivoire, et le soulèvement se transmet par l'engrenage au levier enregistreur. L'appareil enregistreur est constitué par une plaque, qui tourne en dix secondes dans une rainure par un mouvement d'hor-

logerie; cette plaque, qu'on recouvre d'une bande de papier parallèlement à la longueur du levier enregistreur. Le plus grand avantage du sphygmographe de Marey, c'est que l'extrémité de l'enregistreur décrit des arcs de cercle, ce qui modifie un peu la forme de la pulsation. Le *sphygmographe de Béhier* (fig. 153) est une modification de celui de Marey. Il permet de graduer le ressort sur l'artère d'une façon plus précise, grâce à la vis D, dont la pression peut être évaluée à l'aide d'un petit dynamomètre. Le sphygmographe de Marey a reçu, du reste, de nombreuses modifications dans le détail desquelles il nous est impossible d'entrer.

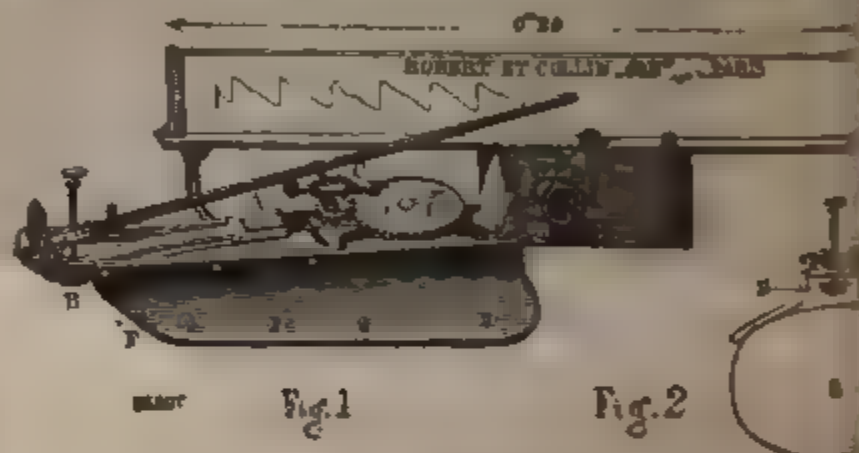


Fig. 153. — Sphygmographe de Béhier

dois, dans son *angiographe*, a remplacé le ressort par deux ressorts qui pressent sur le bouton qui s'applique sur l'artère.

La figure suivante fig. 154 donne le tracé qu'on obtient.



Fig. 154. — Tracé du pont

sphygmographe de Marey, l'analyse de ce tracé sera donnée plus loin.

Sphygmographe de Longuet (fig. 155). — Ce sphygmographe est construit sur un principe un peu différent du sphygmographe de Marey. Le bouton qui s'applique sur l'artère est rattaché à une tige A, dont les mouvements d'ascension et de descente se transmettent par la roue H à une plume G, et sont transformés la cause en un mouvement horizontal. Les ressorts CC abaissent la tige A quand elle s'élève.

Fig. 155. — 1, vue d'ensemble de l'appareil. — A, ressort avec un bouton B qui s'applique sur l'artère. — C, vis de pression appliquant le ressort sur l'artère. — D, bouton de réglage du dynamomètre, qui indique la pression correspondante en grammes. — E, support. — 2, coupe transversale de l'appareil appliqué. — H, bouton qui s'applique sur l'artère. — G, coupe de l'avant bras.

La pulsation artérielle. Le tracé s'inscrit sur une bande de papier en mouvement par un mécanisme d'horlogerie.

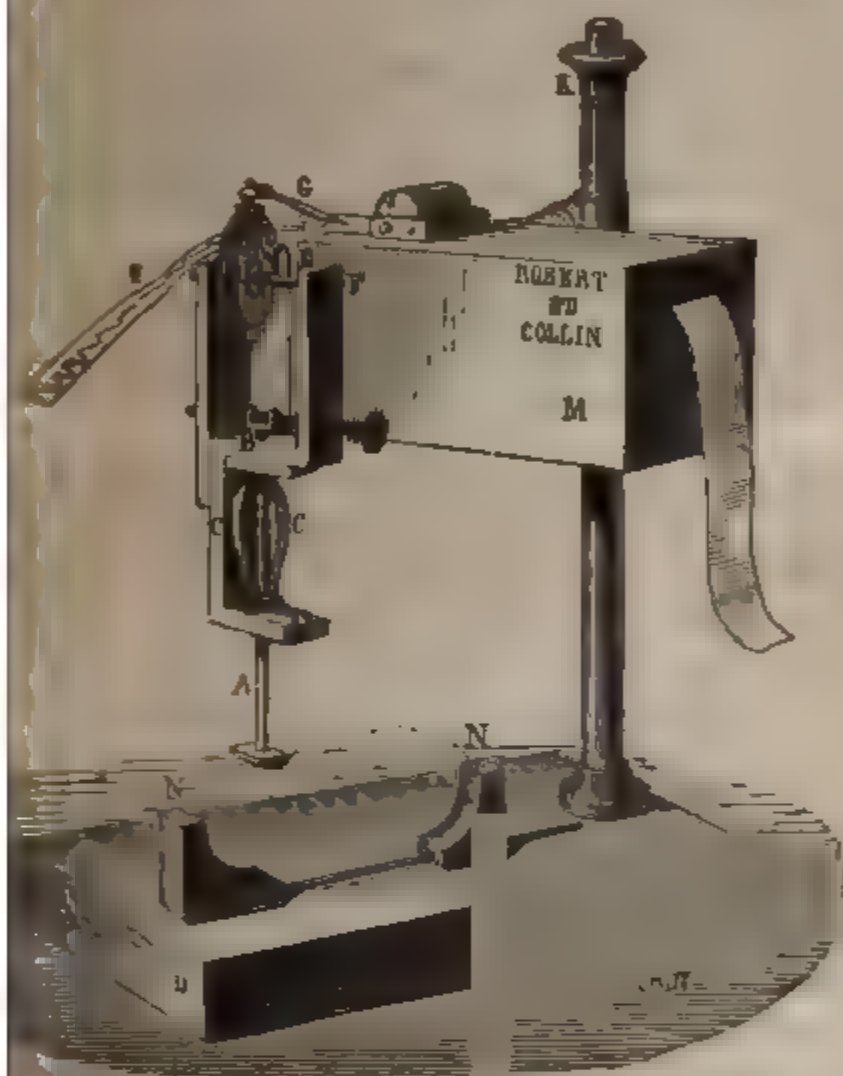


Fig. 155. — Sphygmographie de Longuet.

ment de décrire, tout récemment, un nouveau sphygmomètre de biologie. (21 novembre et 19 décembre 1874.)

OGRAPIE A MIROIR DE CZERMAK. — Czermak met en con-
tère la petite extrémité d'un miroir mobile autour d'un
; un rayon de lumière, réfléchi par l'extrémité opposée
se sur un écran ou sur un papier photographique, les mou-

1. Tige verticale dont la plaque terminale s'applique sur l'artère — B, axe mo-
 teur qui lui porte par la potence E qui surmonte la tige A — C, res-
 pectives la plaque de guidage arrière — D, l'oeil du miroir horizontal — VV, sup-
 porte sur laquelle se place l'oculifère — G, plume écrivante adaptée à la roue H,
 la roue H — M, mécanisme d'horlogerie — K, bouton permettant de faire
 l'appareil.

vements de cette extrémité et par conséquent le graphique de la circulation artérielle.

4° SPHYGMOGRAPHE ELECTRIQUE DE CZERMAK. — Pour mesurer la durée de la systole et de la diastole artérielles, on a adapté, soit au sphygmomètre d'Hérisson perfectionné (soit aux appareils de Vierordt et de Marey, des dispositions (fermeture et dérivation du courant), qui permettent d'enregistrer, avec exactitude, de ces phases. (Czermak, *Mittheilungen aus dem Physiol. Protorium*, 1864.).

5° SPHYGMOGRAPHE A GAZ DE LANDOIS. — Les pulsations du cœur transmettent au gaz renfermé dans un appareil et qu'on fait sortir et, comme dans l'appareil de Kœnig (voir page 600), les battements de la flamme sont isochrones aux battements du pouls.

Quand le sang a été chassé par le ventricule gauche dans l'aorte, il a dû surmonter la pression du sang dans ces artères. Il se passe alors deux phénomènes dans l'aorte : 1° un déplacement de la masse sanguine qu'elle contenait dans les capillaires ; 2° une dilatation de sa cavité. Dès que le sang s'arrête des que la force élastique de ses parois surmonte la pression sanguine. Dès que le ventricule a cessé de se contracter, la pression sanguine diminue et la force élastique des parois aortiques, étant supérieure, réagit sur le liquide et le refoule, d'une part dans la direction des capillaires et d'autre part dans le ventricule. Mais de ce côté le reflux est empêché par la présence des valvules sigmoïdes, ces valvules sont tout à fait accolées à la paroi aortique, en sont écartées par une certaine quantité de sang qui existe entre elles et la paroi. (V. Valsalva ; dès que le ventricule a cessé de se contracter, la pression du sang agit sur leur face artérielle, tandis que la pression sur leur face ventriculaire est réduite à 0, elles s'abaissent et se ferment et, par l'accrolement de leurs bords libres et de leurs valves d'Aranzi, ferment hermétiquement l'orifice aortique. Le sang se trouve ainsi poussé dans la direction des capillaires et dilate le segment suivant de l'aorte et ainsi de suite. La succession de ces dilatations successives, ou autrement dit la pulsation positive (*forma materiæ progrediens*), se fait avec une vitesse de 9^m,240 millimètres par seconde, et ne doit pas être confondue avec le mouvement de progression de la masse sanguine (*materiæ progrediens*), dont la vitesse est incomparablement moindre (voir : *Vitesse du sang*).

D'après Weber et Czermak, la vitesse de transmission de l'ondulation sanguine n'est pas uniforme dans tous les segments de l'arbre artériel; elle diminue progressivement du centre à la périphérie; elle augmente avec la résistance et l'épaisseur des parois artérielles. Quand on connaît la vitesse de l'ondulation, il est facile de connaître sa longueur; en effet, le début de l'ondulation a lieu dans l'aorte avec le début de la systole, la fin avec la fin de la systole; sa durée doit donc égaler la durée de la systole, soit un tiers de seconde; elle aura donc une longueur de $9^m,240 : 3 = 3,080$ millimètres, c'est-à-dire une longueur telle que, dans l'intervalle de deux systoles, il ne peut se former plus d'une onde dans les artères. Une partie de cette ondulation se réfléchit probablement contre les capillaires et les bifurcations artérielles et parcourt les artères en sens inverse (voir : *Pouls diicrole*).

L'aorte présente donc de point à la diastole et la diastole artérielle isochronique succède une systole ventriculaire; mais cette systole musculaire comme celle du cœur est élastique. Chaque segment parcourt à tour ces deux périodes de l'artérielle.

Etats comparables jusqu'à un certain point à la systole du cœur; il y a en effet une systole ventriculaire et à la diastole artérielle isochrone à la diastole, au lieu d'être due à la contraction d'une rétraction présente donc artérielle, sys-

Pouls. — Le pouls est dans les artères les plus rapprochées du cœur comme on l'a vu plus haut à mesure qu'on s'éloigne du cœur il y a un léger retard sur la diastole; retard dû au temps nécessaire pour la transmission de l'ondulation (Buisson). D'après les recherches de Czermak, le retard que le pouls des artères suivantes a sur le cœur.

le artérielle. la diastole est, isochrone à la systole ventriculaire; du cœur il y a un léger retard sur la diastole; retard dû au temps nécessaire pour la transmission de l'ondulation (Buisson). D'après les recherches de Czermak, le retard que le pouls des artères suivantes a sur le cœur.

	Secondes.
Carotide	0,087
Radiale	0,159
Pédieuse	0,193

Marey et Czermak ont constaté un léger retard de la diastole artérielle sur le choc du cœur; c'est qu'en effet le choc du cœur correspond au début de la systole ventriculaire et le maximum de la diastole aortique à la fin de cette systole.

Phénomènes qui se constatent dans une artère au moment du choc ou du pouls sont les suivants :

1° L'artère se dilate. Cette dilatation se fait dans les deux sens, en longueur et en largeur. L'élargissement de l'artère se constate directement par la vue et le toucher, il peut être mesuré en entourant l'artère d'un manchon rigide rempli d'eau et relié à un tube manométrique; les oscillations du liquide traduisent les dilatations de l'artère. L'oscillation. L'allongement de l'artère est la cause des flexuosités qui se remarquent sur les artères du corps.

2° La pression sanguine augmente dans l'artère et cette augmentation se traduit par une sensation de dureté et par la résistance que l'artère oppose au doigt qui la comprime.

3° Le sang augmente de vitesse dans l'artère.

Caractères du pouls. — Les caractères de la pulsation peuvent être facilement étudiés sur les graphiques obtenus avec le sphygmographe.

Soit le trace sphygmographique (fig. 156); le tracé



Fig. 156. — Analyse du tracé sphygmographique.

gauche à droite; la ligne d'ascension AE correspond à la ligne de descente ED, à la systole artérielle, la longueur prise sur la ligne des abscisses, mesure la durée totale du mouvement; cette longueur AC est divisée en deux par la perpendiculaire EB abaissée du sommet de la courbe sur la ligne des abscisses; la longueur AB mesure la durée de la diastole, la longueur BC celle de la systole. Les faits principaux qui résultent de l'étude des courbes sphygmographiques (fig. 154 et 155) sont les suivantes :

1° En premier lieu, les durées totales des pulsations sont en général égales, et cette durée est en rapport inverse du nombre des pulsations dans l'unité de temps. Le pouls est rare

Le nombre de pulsations est au-dessous de la moyenne (65 à 75 par minute), fréquent quand il est au-dessus.

Dans les tracés normaux, il n'y a pas de repos de l'artère ; la systole et la diastole succèdent immédiatement et sans interruption l'une à l'autre ; l'angle formé par le passage de la ligne d'ascension à la ligne de descente et de la ligne de descente à la ligne d'ascension est toujours un angle aigu ; ces caractères disparaissent cependant quand la pression du sang dans l'artère est très-forte.

La durée de la diastole est à peu près la moitié de la durée de la systole ; mais ceux qui les mesurent, AB et BC, ne donnent pas le même résultat, et la durée de la diastole serait seulement de 100 à 120 pour cent de la durée de la systole, ce qui dépend du rapport de la durée du pouls est vite quand la pression est forte, lent quand cette durée a augmenté.

La ligne d'ascension AE se rapproche de la verticale ; elle est plus droite, presque droite ; autrement dit la diastole est brève, presque instantanée.

La ligne de descente EC, au contraire, est beaucoup plus longue et, au lieu d'être rectiligne, elle présente toujours un ou deux soulèvements, D, plus ou moins prononcés avant d'atteindre son point maximum d'abaissement (*dicrotisme* ou *polycotisme* du pouls).

La signification de ces soulèvements a été très-controversée. Marey, qui ne les rencontre pas sur ses tracés, les attribue à une déviation de l'instrument de Marey. Mais aujourd'hui on est porté à considérer ce dicrotisme comme un caractère normal du pouls. La preuve qu'il n'est pas dû aux oscillations du levier est que les courbes de la contraction musculaire obtenues avec le sphygmographe ne présentent pas de dicrotisme et d'un autre côté le dicrotisme existe dans les tracés obtenus par le procédé *hémautographique* de Landois (voir : *la circulation sanguine*), dans lesquels la courbe est formée par le jet de sang qui sort de l'artère et sans l'intervention d'aucun appareil.

En état normal, ce dicrotisme est trop faible pour être senti par le doigt qui palpe l'artère ; mais dès qu'il s'exagère, comme dans les cas pathologiques, il devient très-appreciable et on peut même constater la pulsation artérielle se dédoubler en deux.

rapport inverse de la pression du sang dans l'artère, qui diminue quand cette pression augmente. Les termes *dur* et *mou* indiquent l'état de tension de l'artère et la résistance qu'elle oppose dans son intérieur.

7° Enfin le pouls est *grand* ou *petit* suivant le volume de l'artère, volume qui est, en grande partie, en rapport avec la quantité de sang lancée par le ventricule.

On voit donc que les caractères de la pulsation dépendent de trois facteurs principaux : l'action du cœur (force cardiaque), le sang (quantité et pression) et l'artère (élasticité et contractilité), et que ces trois facteurs peuvent chacun pour modifier dans un sens ou dans l'autre l'intensité de la pulsation. Aussi l'étude des caractères du pouls et leur analyse à l'aide des tracés sphymographiques ont une plus grande importance en médecine.

Fick a constaté, en plaçant son bras dans un vase rempli d'eau, une augmentation du volume du bras pendant la pulsation artérielle et a obtenu, en adaptant à l'agencement de l'enregistreur, une courbe très-analogue à celle du pouls.

2° Contractilité artérielle

La contractilité n'est guère marquée que dans les artères dont la tunique musculaire est très-épaisse. Dans les artères où la contractilité est complètement absente, la pulsation est

Les contractions sont successives et l'artère est le siège de mouvements alternatifs de resserrement et de relâchement ; toute modification (contraction ou dilatation artérielle) a une durée ; elle est persistante.

Les contractions successives se montrent sur les petites artères ; les contractions sont souvent *rhythmiques*. Ainsi Schiff les a observées sur l'oreille du lapin ; on les a rencontrées dans les artères du mésentère, etc. ; les contractions rhythmiques ne sont synchrones ni au pouls ni à la respiration et leur nombre par minute est très-variable (3 à 7 par exemple). Quelques auteurs ont fait de ce fait un phénomène général et constant. La question du rôle de ces contractions rhythmiques sont assez obscure ; peut-être jouent-elles le rôle de régulatrices de la circulation capillaire. Les dilatations artérielles sont dues au relâchement de la tunique contractile, et il est difficile d'admettre avec elles une dilatation active des vaisseaux.

Les modifications persistantes du calibre artériel (contraction ou dilatation) ont une importance physiologique beaucoup plus grande. La contraction d'une artère a pour effet immédiat d'augmenter la pression en amont de l'artère, d'accélérer la vitesse du courant sanguin dans son intérieur et de diminuer la quantité de sang qui arrive au réseau capillaire fourni par l'artère. Quand la contraction porte sur une circonscription vasculaire étendue, la réaction se fait sentir sur tout le système artériel ; le débit total de ce système diminuant notablement, il en résulte une augmentation de pression, et il y a diminution de pression dans le cas contraire.

En outre, cette diminution de calibre a une influence immédiate sur les circulations voisines. Supposons, par exemple, que les artères des membres inférieurs se rétrécissent, pour une cause ou pour une autre (froid, etc.), une partie du courant sanguin de l'aorte descendante qui aurait passé dans ces artères, ne pouvant plus y trouver place, sera déviée et passera dans les artères des organes abdominaux qui recevront alors beaucoup plus de sang que d'habitude. Ce balancement des circulations joue un rôle important et trop méconnu en physiologie et en pathologie. Ce balancement explique l'origine anatomique de beaucoup d'artères et peut se formuler ainsi : toutes les fois que plusieurs artères naissent d'un tronc commun ou au voisinage de l'autre, il y a balancement des circulations corres-

pondantes : quand l'une diminue l'autre augmente c'est qu'on observe ce balancement, pour ne citer que quelques exemples entre la circulation thyroïdienne et la circulation brachiale, la circulation gastro-hépatique et la circulation splénique, etc., et d'une façon plus générale, entre la circulation trachéale et celle des membres inférieurs, entre celle de la tête et celle des membres supérieurs, entre la circulation cutanée et la circulation profonde.

La contractilité artérielle peut être mise en jeu par les agents ordinaires du tissu musculaire (actions mécaniques, etc.), que l'excitant soit porté directement sur l'artère ou que par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs. Cette contractilité persiste quelque temps après la mort (quelquefois une à deux heures).

Les variations de calibre des artères sont soumises à deux influences principales, l'influence nerveuse vaso-motrice, l'influence du cœur cardiaque.

Le rétrécissement des artères pourra donc résulter :

1° D'une excitation des centres vaso-moteurs, dans ce cas, le rétrécissement sera actif, musculaire, et s'accompagnera d'une augmentation de pression sanguine ;

2° D'une diminution d'activité du cœur ; dans ce cas, le rétrécissement est passif, élastique, et s'accompagne d'une diminution de pression.

La dilatation artérielle pourra être produite par :

1° Une paralysie vaso-motrice ;

2° Une exagération de l'activité cardiaque.

Dans ces deux cas, la dilatation est passive, élastique mais s'accompagne dans le premier cas d'une diminution, dans le deuxième d'une augmentation de pression.

Si l'on admet les nerfs vaso-dilatateurs, il y aurait encore :

Dilatation par activité des centres vaso-dilatateurs.

Rétrécissement par paralysie vaso-dilatatrice.

B. — CIRCULATION CAPILLAIRE

Procédés. — La circulation capillaire peut être étudiée au microscope très-facilement, surtout chez les animaux à sang froid. Chez la grenouille, on peut l'examiner sur la membrane interne du péricard, le mésentère, la langue et le péricard. Pour éviter les mouvements de l'animal, on le curarise ; la circulation continue et on peut l'étudier pendant plusieurs heures.

l'observation pendant un temps très-long. Il suffit de tendre l'organe à examiner au-dessus d'une plaque de liège percée d'un trou, et de la fixer avec des épingles, mais en prenant bien soin de ne rompre la circulation. Pour l'étudier sur le poumon, cet organe est maintenu à l'état de distension par un courant d'air humide. Quand l'observation doit être prolongée longtemps, il faut éviter la dessiccation de la membrane, soit en l'humectant de temps en temps avec un liquide indifférent, soit en plaçant l'animal dans une chambre saturée d'humidité. La question du fœtus, les jeunes embryons de poissons se prêtent très-bien à l'étude de la circulation capillaire. Chez les animaux à sang chaud, cette étude est difficile; cependant, elle peut être faite assez facilement sur le fœtus de petits animaux.

Il ne faut pas oublier dans cet examen que, grâce à l'amplification microscopique, la vitesse du sang dans les capillaires paraît beaucoup plus grande qu'elle ne l'est en réalité.

Entre les capillaires consécutifs, comme on l'a vu déjà, il y a un espace de d'élargissement qui termine la base du cône artériel et qui précède le cône veineux; cet élargissement ou ce cylindre court, et entre l'artériole qui précède immédiatement le capillaire et la veinule qui le suit immédiatement, il n'y a pas plus de 1 à 2 millimètres de distance. Mais quelque faible que soit cette distance des artères aux veines et quelque bref que soit le passage du sang à travers les capillaires, cet élargissement du lit sanguin ne s'en traduit pas moins par une diminution de la vitesse et de pression du sang.

Enfin, l'examen direct de la circulation capillaire au microscope permet de constater les faits suivants. Le courant sanguin est continu, uniforme et ne présente pas d'accélération périodiques correspondant à la systole du ventricule. Le sang se fait toujours la même direction et se fait toujours des artères vers les veines, sauf dans les cas d'obstacle à la circulation. Dans le capillaire à un calibre assez considérable, on voit que le sang est en contact avec la paroi du vaisseau et que le mouvement est rapide dans l'axe du vaisseau. Les globules rouges sont emportés par le courant et subissent en même temps un mouvement de rotation qui découvre tantôt leur face, tantôt leur dos.

Ils s'arrêtent souvent sur un éperon de bifurcation et en laissant balloter leurs deux extrémités dans les deux

organes en capillaires, ou autrement dit le rapport total des capillaires au calibre des artères afférentes, ce qui règle la quantité de sang reçue par l'organe, représente la circulation de chaque double cône vasculaire analogue à celui qui représente la circulation générale (voir page 665). On verrait ainsi les divers organes ; il n'y a qu'à multiplier par exemple le testicule au foie, par exemple.

Les capillaires sont, du reste, sujets à des variations de calibre, et ces variations sont de deux espèces : *passives* et dues à la quantité plus ou moins forte de sang, réglé lui-même par le calibre des artères et la quantité de l'écoulement par les veines efférentes ; *actives* et consistent en des alternatives de rétrécissement et de dilatation ; ces rétrécissements paraissent dus à des contractions *traciles* fusiformes (cellules endothéliales ?) et par là la lumière du capillaire de façon à empêcher les globules rouges (de Tarchanow).

c. — CIRCULATION VEINEUSE.

Les tissus élastique et musculaire entrent dans les veines comme dans celle des artères, mais dans de plus faibles proportions ; leurs parois sont plus minces, plus élastiques, plus dilatables, ce qui est en

Reichert), à l'embouchure des veines caves (Colin); et, du à excitations mécaniques (choc bref sur les veines dorsales de la main, Gubler), l'électricité, déterminent leur con-

duction veineuse se fait, comme dans le reste du système, sous l'influence de l'inégalité de pression du sang; le sang coule des capillaires, lieu de la plus forte pression, vers les veines, lieu de la plus faible pression. Quoique l'ensemble du système veineux représente un cône qui va en se rétrécissant des capillaires à l'oreillette et que cette disposition implique une augmentation de pression marchant dans le même sens, cette augmentation est compensée et au delà par la contraction périodique de l'oreillette pendant sa systole et le résultat final est une diminution de pression des capillaires au bout (voir fig. 161, p. 688). Cependant ces différences de pression aux deux extrémités du système veineux ne seraient pas suffisantes pour amener une circulation sanguine régulière si certaines conditions accessoires n'intervenaient pour contre-balancer les obstacles que la pesanteur (spécialement pour les veines profondes inférieures), les compressions veineuses (par causes locales, par l'action musculaire, etc.), l'expiration, l'effort, opposent à la circulation du sang dans les veines.

Ces conditions qui favorisent la circulation veineuse sont les contractions musculaires (quand elles ne sont pas portées au point de la lumière du vaisseau), les anastomoses nombreuses qui permettent de communiquer les veines voisines ou les veines superficielles avec les veines profondes, les battements des artères satellites, la pesanteur pour quelques veines et surtout l'inspiration. *Effets des rapports de la circulation et de la respiration.* Enfin, les veines présentent en beaucoup d'endroits des replis ou valvules qui, de la façon à s'opposer au reflux du sang dans la direction des artères et à permettre le libre écoulement dans la direction du cœur. Sans ces valvules le sang veineux, comprimé par l'action musculaire ou par des obstacles mécaniques, aurait autant de peine à se diriger vers les capillaires que vers le cœur.

Le mouvement sanguin dans les veines est continu et uniforme jusqu'aux capillaires. Ce n'est que dans les cas pathologiques qu'on observe dans les grosses veines du cou un *pouls veineux* isochrone à la systole auriculaire, pouls veineux admis comme normal par quelques auteurs.

est plutôt du ressort de la pathologie que de la physiologie. On renvoie aux traités de séméiologie et de pathologie.

L'innervation des vaisseaux sera traitée dans le chapitre de l'innervation.

4. — PRESSION SANGUINE.

Procédés pour mesurer la pression sanguine.

de ces procédés, on emploie des vaisseaux, artères ou veines, dont le calibre permette l'introduction d'une canule. le mode d'introduction de la canule au vaisseau peut se faire de deux façons : on coupe le vaisseau transversalement, on des bouts liés, et l'autre bout arrive le sang, mis en communication avec la canule. Le premier est préférable, mais moins facile, l'incision est simple, la canule ajustée sur la paroi du vaisseau de façon à ne pas l'occlure latérale sans interrompre la circulation du sang dans le vaisseau. Les appareils destinés à mesurer la pression sanguine peuvent être de quatre types : l'hémantographie, les manomètres à transmission, les manomètres métalliques, les manomètres à transmission.

1° HÉMAUTOGRAPHIE. — Lorsqu'on incise un vaisseau, le sang coule de ce vaisseau et forme, si la pression sanguine est forte, un jet qui monte plus ou moins haut suivant la force de la pression. Dans les artères où la pression est très-forte et s'accroît avec la systole ventriculaire, le jet est très-élevé et saccadé ; dans les veines, il est d'autant moins élevé qu'on s'éloigne plus du cœur ; enfin, dans les veines où la pression est très-faible, le sang s'écoule en nappe, en bavant, à moins que, comme dans la saignée, on comprime la pression dans la veine par la compression de la tige.

sur le papier d'un appareil enregistreur le jet de sang qui
de l'artère; on obtient ainsi des graphiques, tracés par le jet



Fig. 137. — Tube de Hales.
(Voir page 680.)

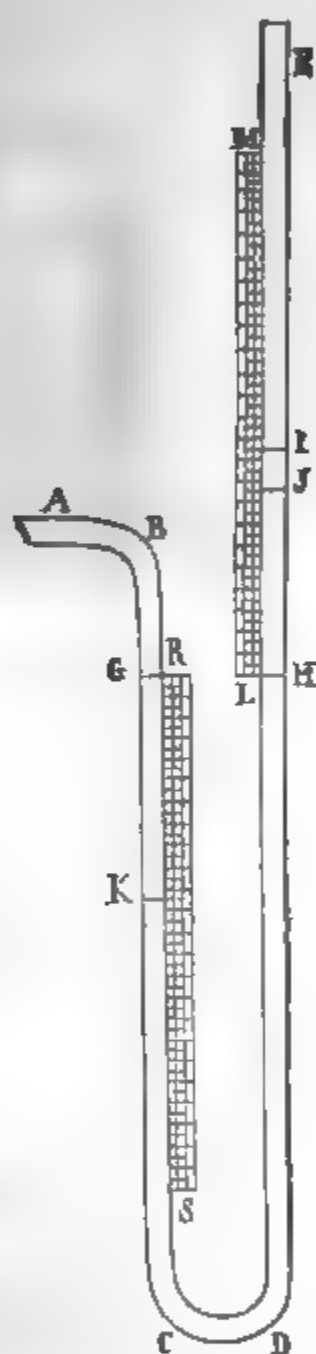


Fig. 138. — Hémodynamomètre de Poiseuille.
(Voir page 682.)

ni-même en dehors de toute complication instrumentale, gra-
vel ont par conséquent l'avantage de reproduire fidèlement
caractères de pression, de vitesse, de quantité que le courant

sanguin subit à son passage à travers une artère. Les tracés artériel ainsi obtenus par Landois sont presque identiques aux sphygmogrammes de Marey.

2° MANOMÈTRES A MERCURE. — Dans ces appareils, pour éviter la coagulation du sang, on interpose entre le sang du vaisseau et le mercure une solution de sulfate de soude ou de carbonate de soude qui empêche cette coagulation.

Hémodynamomètre de Poiseuille (fig. 158, p. 681) — L'ensemble est formé d'un manomètre dont la branche horizontale A communique

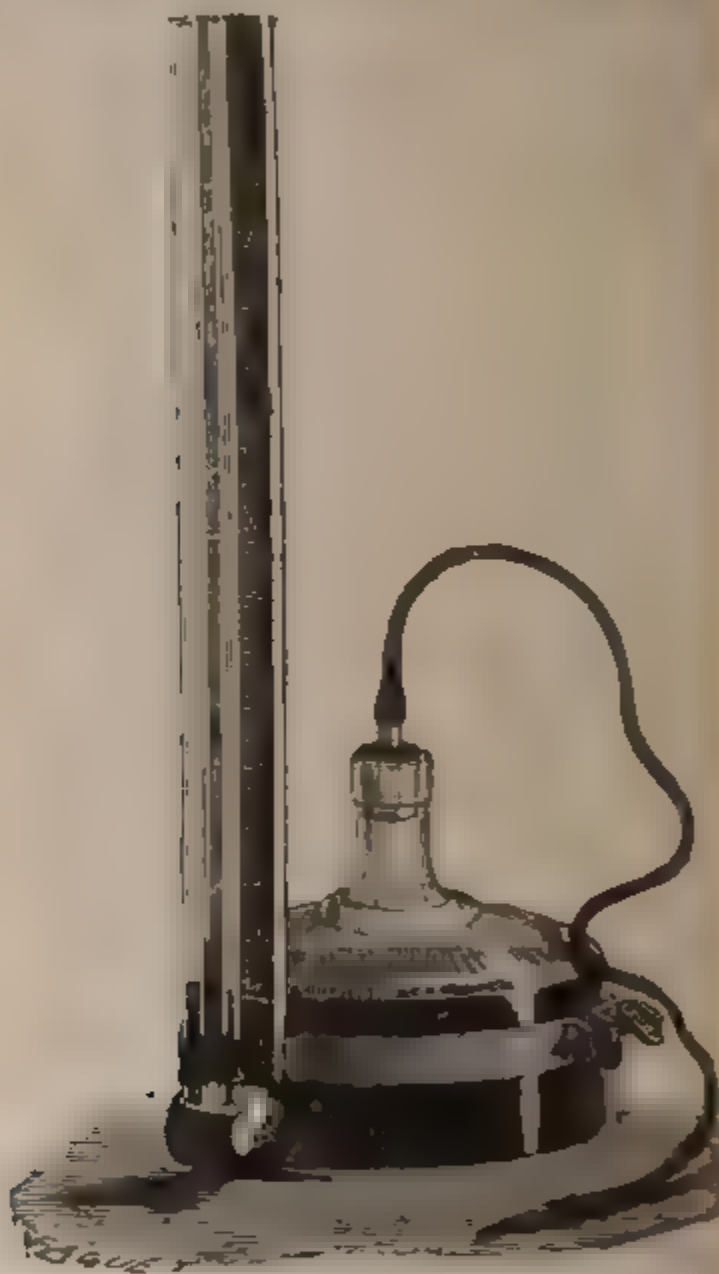
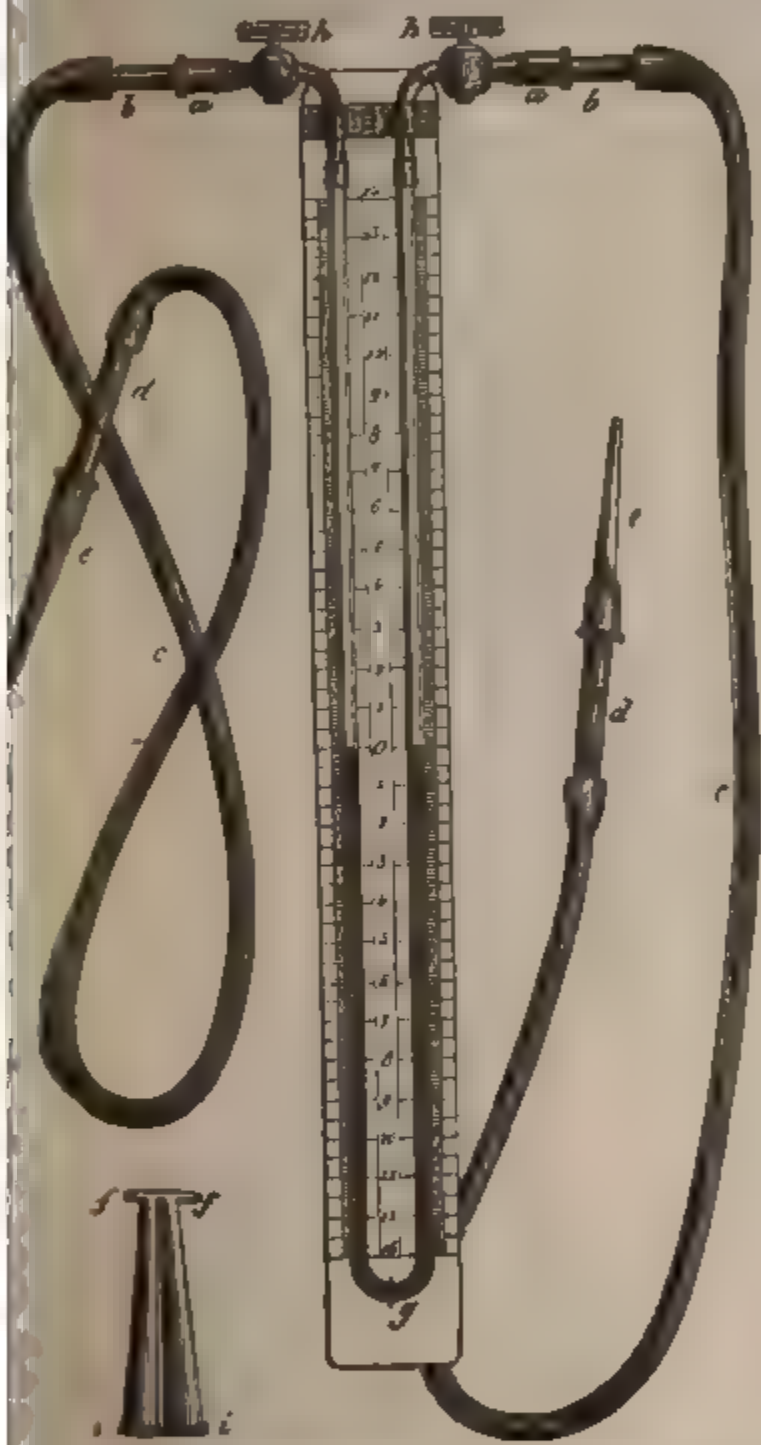


Fig. 159. — Manomètre compensateur de Marey (voir page 686).

tère. Du mercure remplissant les deux branches verticales jusqu'au niveau GH ; l'intervalle RA était occupé par un liquide alcalin

ulation. Le sang presse alors sur la colonne mercurielle GS
 élever le niveau jusqu'à K, par exemple, dans la branche BC,



460. — Manomètre différentiel de Cl. Bernard. (Voir page 684.)

tube recourbé à branches parallèles. — A, robinet. — a, pièce pour fixer
 tube en gutta serena — d, pièce de cuivre sur laquelle se fixe la canule e
 dans le vaisseau.

de deux canules soudées. Les tubes soudés ff sont mis en rapport avec
 une artère coupée. — Les canules si s'ajustent aux pièces di.

sensibles que dans l'appareil précédent.

Manomètre compensateur de Marey (fig. 159, p. 682). — à remédier aux inconvénients des manomètres ordinaires sont de deux sortes : 1° les oscillations de la colonne mercurielle ont trop d'amplitude à cause de la vitesse acquise du liquide, 2° l'ascension de la colonne mercurielle est plus lente que la descente, de façon que la moyenne numérique entre le maximum et le minimum de hauteur d'une oscillation ne représente pas la pression moyenne (*tension dynamique* de Marey). Marey a remédié à ces inconvénients en plaçant entre la cuvette sur laquelle s'exerce la pression et le tube capillaire un tube vertical un tube capillaire qui, par sa résistance, diminue les oscillations et donne exactement la pression moyenne. On remplace le tube capillaire par un robinet qu'on ouvre et ferme à volonté.

Manomètre différentiel de Claude Bernard (fig. 160, p. 683). — Cet instrument se compose d'un tube recourbé dont les deux branches communiquent chacune avec un ajutage et une canule qui s'introduisent dans deux artères différentes, ou dans les deux bouts d'une artère, ou dans une artère et une veine, etc. Le niveau des deux colonnes mercurielles indique la différence de pression des deux vaisseaux.

Kymographion de Ludwig (fig. 161, p. 685). — Le kymographion de Ludwig n'est pas autre chose qu'un hémodynamomètre avec un appareil enregistreur. La branche 3 du manomètre est mise en communication avec l'artère en 9. Dans l'autre branche, sur le mercure, un petit cylindre en ivoire qui monte et descend avec le niveau du liquide. A la partie supérieure de ce cylindre, une tige, 5, à laquelle s'attache un pinceau, 7 8, qui inscrit sur le cylindre enregistreur les mouvements de va et vient du niveau du mercure.

3° Kymographion de Fick (fig. 162, p. 686). — Cet

est mobile et rattachée à un système de leviers articulés qui transmettent son mouvement à une pointe écrivante dont les déplacements

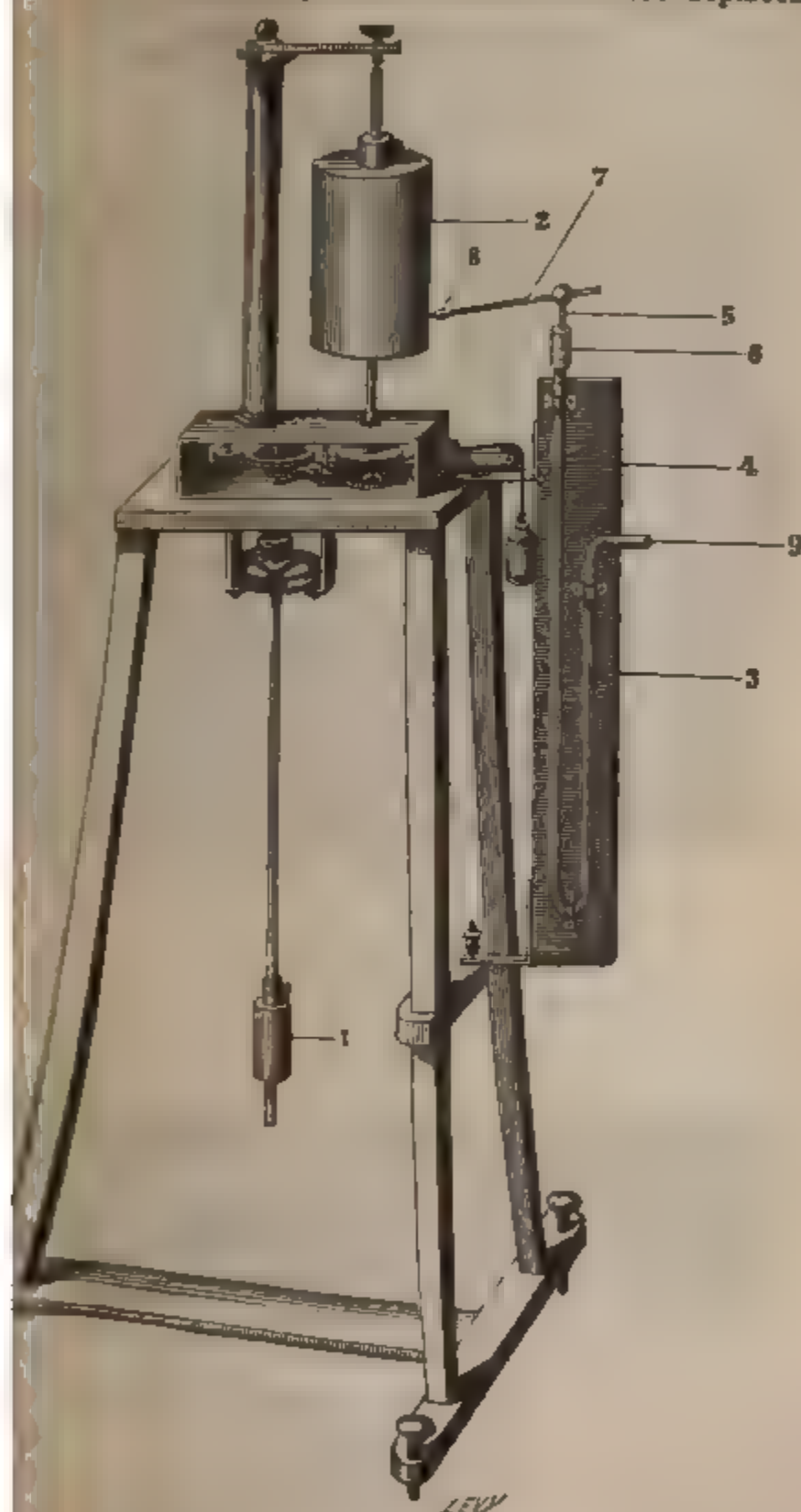


Fig. 161. — Kymographe de Ludwig (Voir page 684.)

verticaux enregistrent, en les amplifiant, les déplacements de l'extrémité mobile du ressort.



Fig. 102. — Sphygmographe de Fick. (Voir page 685)

4° APPAREILS A TRANSMISSION PAR L'AIR. — *Cardiographie de Voau et Marey.* — Cet appareil, dont la première idée est de Buisson, consiste en une ampoule élastique en caoutchouc qui est introduite dans la cavité cardiaque dont on recherche la pression et l'autre côté, communique avec le tambour du polygraphe. La p

on comprime l'ampoule, et cette pression se transmet par l'air au levier du polygraphe qui l'inscrit sur un cylindre enroulé. C'est en introduisant ainsi des ampoules dans l'oreillette et le ventricule que le tracé suivant a été obtenu, tracé qui donne la pression dans les deux cavités pendant le temps d'une révolution du cœur. La ligne V représente le tracé de la pression dans le

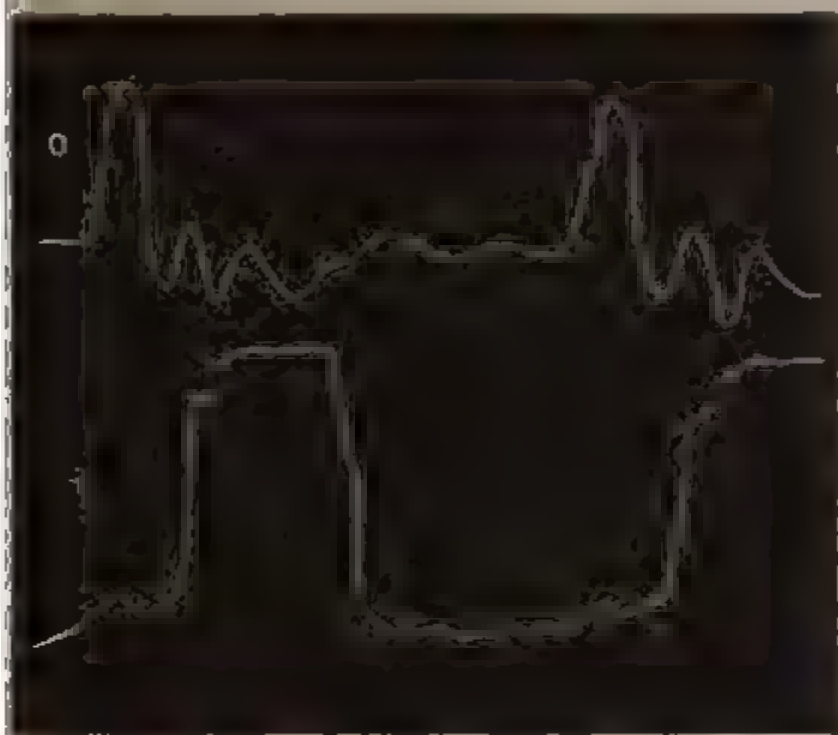


Fig. 163. — Graphique du cardiographe sur le cheval (Marey.)

Le tracé O, la ligne O celle de la pression dans l'oreillette. L'ascension de O correspond à la systole auriculaire (premier temps); celle de V à la systole ventriculaire (deuxième temps); le troisième temps (diastole des deux cavités) est représenté par l'horizontalité plus parfaite des deux lignes.

L'oscilloscope fig. 169, 2) de Marey sert à enregistrer la pression dans les artères. Il se compose d'une ampoule en caoutchouc et d'un manchon de verre; l'intérieur de l'ampoule communique avec l'artère dont on recherche la pression, et les mouvements de diastole et de systole de l'artère amènent des mouvements d'expansion et de retrait de l'ampoule, mouvements qui agissent sur l'air du manchon et par un tube, 4, au tambour du polygraphe. La ligne P des figures 170 et 171 donne les graphiques de la pression de la carotide du cheval obtenus avec le sphygmographe.

En résumé, la pression sanguine diminue du cœur

aux capillaires et des capillaires au cœur; elle atteint son maximum dans le ventricule au moment de la systole, son minimum dans l'oreillette au moment de la diastole, et peut même dans l'oreillette et les grosses veines être négative, c'est-à-dire tomber au-dessous de la pression atmosphérique. La courbe de la figure 164 représente les différences de pression dans les différents segments du système vasculaire.

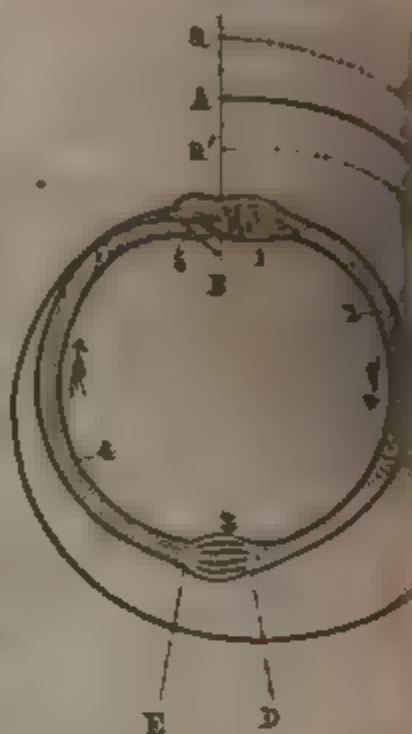


Fig. 164. — Courbe des pressions vasculaires.

Pression artérielle. — Chez l'homme, la pression dans la carotide peut être évaluée à 15 centimètres de mercure, elle est de 28 centimètres chez le cheval, de 15 chez le chien, de 5 à 9 chez le lapin. Elle est plus faible dans les petites artères plus éloignées du cœur, que seule, par suite de l'imperfection des instruments employant, l'aît trouvée égale partout. On applique sur des points également distantes du cœur, les deux crurales, par un manomètre différentiel de Cl. Bernard; le mercure reste en équilibre dans les deux branches; si on l'applique sur des artères inégalement éloignées du cœur, le mercure bascule vers la branche correspondante à l'artère la plus rapprochée du cœur. Ainsi, dans la figure 165, page 689, qui représente le tracé de la pulsation dans l'aorte et dans la faciale chez le cheval, la courbe de l'aorte (courbe supérieure) présente une bien plus forte tension que celle de la faciale (courbe inférieure).

La pression artérielle en un point donné subit des variations périodiques qui se traduisent par des oscillations de

Fig. 164. — 1, ventricule, — 2, artères, — 3, capillaires, — 4, veines. — A, B, C, D, E, points de pression dans les grosses artères; de C en D, dans les capillaires, de E en B, dans les veines. Les lignes ponctuées A-C et C-D représentent la pression au moment de la systole ventriculaire (a C) et de la diastole (c C); la pression sanguine est uniforme jusqu'à l'oreillette.

et par une ascension de la courbe obtenue par les sphygmographes. Cette pression augmente au moment de



Fig. — Graphique de la pulsation de l'aorte et de la fœtal (Marey)

ventriculaire, baisse au moment de la diastole, et ces sont d'autant plus prononcés que les artères sont plus du cœur. A une petite distance des capillaires, la est constante en un point donné et la colonne mercure immobile. Les oscillations périodiques de la pression bien visibles aux redoublements saccadés que le jet sanguin d'une grosse artère, varient entre 5 et 10 de mercure, et la moyenne numérique du maximum de pression donne la pression moyenne du sang en un point donné, avec les réserves faites plus haut au sphygmomètre compensateur de Marey. On peut l'obtenir par la moyenne des courbes graphiques par le procédé de Marey. (Laboratoire de physiologie)

Il ne faut pas confondre cette pression moyenne en un point avec la pression moyenne du sang dans le système artériel. On peut s'obtenir qu'en prenant la moyenne des pressions artérielles différentes et inégalement distantes du cœur. La pression moyenne dépend directement de la quantité de sang contenue dans les artères et, par suite, du calibre total du système artériel. Toute diminution de calibre, quelle que soit sa cause (obstacle mécanique, ligature d'un vaisseau, contraction des parois artérielles, etc.), fait hausser la pression moyenne; toute augmentation de calibre a un effet inverse. Cette pression augmente avec l'énergie des battements

Outre ces oscillations périodiques dues à l'acte respiratoire, il en est d'autres isochrones aux mouvements respiratoires qui seront étudiées plus loin (voir : *Rapports de la respiration*).

Pression veineuse. — Les mesures des pressions veineuses sont beaucoup moins constantes que celles des pressions artérielles ; cependant un résultat incontestable, c'est que la pression dans les veines voisines du cœur est le 10^e ou le 12^e de la pression dans les artères correspondantes, et que dans les veines auriculaires elle peut même tomber au-dessous de zéro (négative). Jacobson a trouvé sur le mouton — en plaçant un mercure dans la veine innominée gauche, la jugulaire gauche, + 0,2 dans la jugulaire droite, + 0,5 dans la veine faciale externe, + 5 dans la faciale interne, + 10 dans la veine crurale. La pression veineuse ne présente pas de variations périodiques isochrones aux changements de pression artérielle ; cependant il y a dans les gros troncs veineux une légère diminution de pression au moment de la systole cardiaque, et une augmentation légère au moment de la diastole (Weyrich.)

La pression veineuse moyenne augmente par l'augmentation de la pression artérielle ; seule l'action du cœur agit en sens inverse ; l'énergie des pulsations du cœur diminue la pression veineuse en amenant une déplétion plus rapide du système veineux.

entre la pression artérielle et la pression veineuse, mais on lui assigne une valeur certaine. Cette pression sera donc la dépendance immédiate des tensions artérielle et veineuse, et quand ces tensions baissent, augmentant quand elles augmentent. C'est cette pression des capillaires qui règle la transmission du plasma sanguin à travers les parois des capillaires et, suite, la formation de la lymphe et les échanges du sang avec les tissus.

Pression cardiaque. — La pression est celle qui présente le plus de grandes inégalités (voir page 687), surtout dans les artères. Elle est de 128 millimètres dans le ventricule gauche, 128 millimètres dans le ventricule droit. C'est qu'en effet la pression est beaucoup plus faible que dans les artères, de 10 à 30 millimètres dans

les artères, de 128 millimètres dans le ventricule gauche, 128 millimètres dans le ventricule droit, 2^{mm},5 dans l'oreillette droite, 2^{mm},5 dans l'oreillette gauche, 128 millimètres dans le système pulmonaire, 128 millimètres dans la grande circulation. On l'appelle pression pulmonaire. (Ludwig.)

Au vu, au début du chapitre, que la quantité de sang est considérable que le calibre *naturel* de l'appareil vasculaire dépend de son élasticité; le sang distend donc les parois des artères et s'y trouverait par conséquent, même en supposant le sang immobile et la circulation arrêtée, à un certain degré de tension. On a cherché à évaluer cette tension en chloroformant le cœur et produisant chez lui l'arrêt du cœur par la galvanisation du pneumogastrique; on a vu alors la pression baisser dans les artères, hausser dans les veines et un équilibre général finit par s'établir, équivalent à peu près à 10 millimètres de mercure (Brunner, Einbrodt). Cette tension, appelée par quelques auteurs *pression moyenne*, mais qu'il vaut mieux appeler *pression de réplétion* du système vasculaire, baisse après la mort, et l'écoulement est dû à la diminution de la quantité de sang par la formation du sérum et au relâchement des parois vasculaires.

5. — VITESSE DU SANG.

Méthode pour mesurer la vitesse du sang. — *Hémodynamomètre* (fig. 166, page 692). — Cet instrument se compose d'un tube court, 1, 4, sur lequel s'embranchent un tube de verre

en U, 2, 3, rempli d'une solution alcaline incolore. Deux robinets permettent, suivant leur jeu, d'interposer le tube

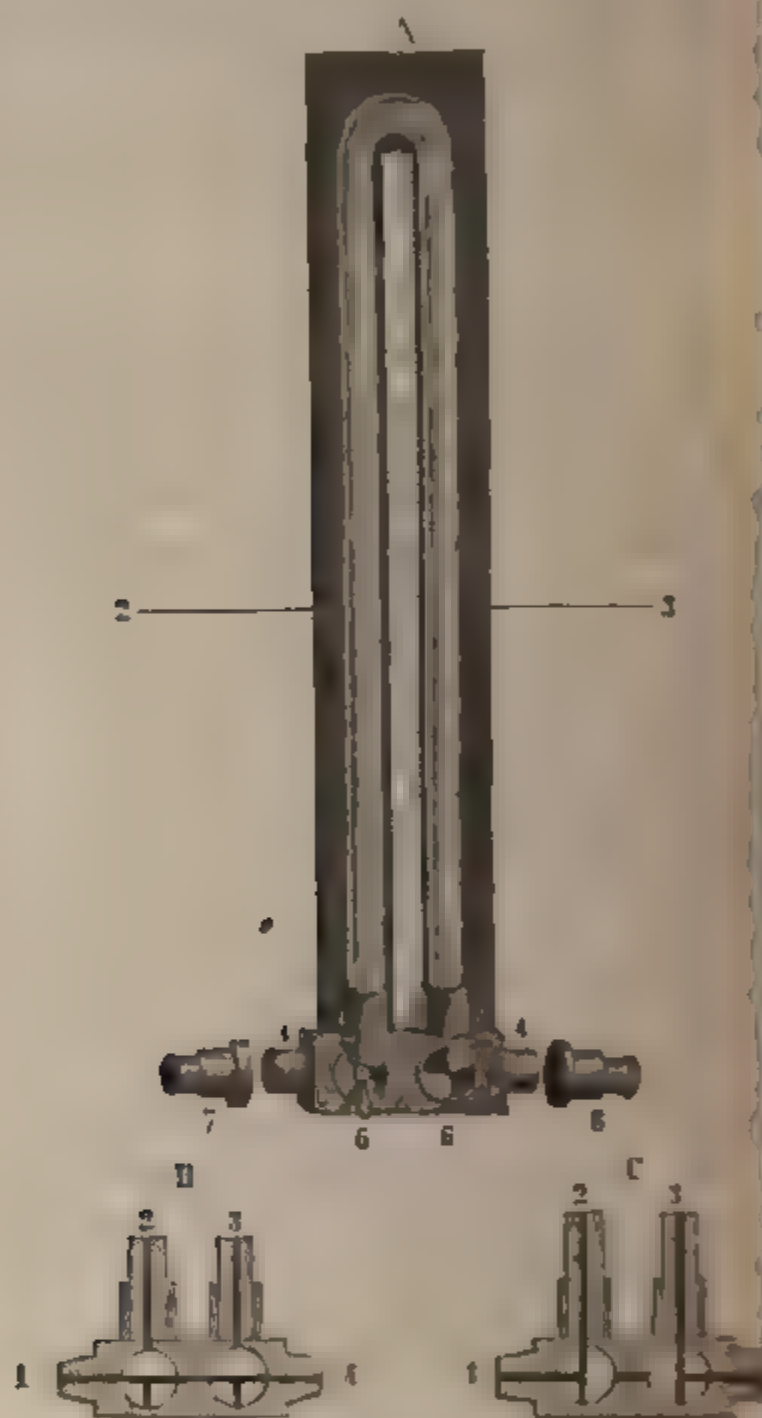


Fig. 166 — Hémodromomètre de Volkmann (Voir page 704)

trajet du tube métallique, comme en C, ou de l'en isoler comme en B. On tourne d'abord les robinets dans la position réunissant les extrémités 1 et 4 du tube court aux deux lacs seau, le sang coule de 1 en 4, on tourne alors rapidement

on C ; le sang ne peut passer directement de 1 en 4 et est forcé de traverser le tube en U ; il s'y mêle à la solution alcaline, qu'il colore, et on voit au changement de coloration quand il a parcouru le tube et combien il a mis de temps à le parcourir. Comme on connaît la longueur du tube, on en déduit facilement la vitesse du sang.

de Ludwig et de Dogiel (fig. 167). — Cet appareil est d'un

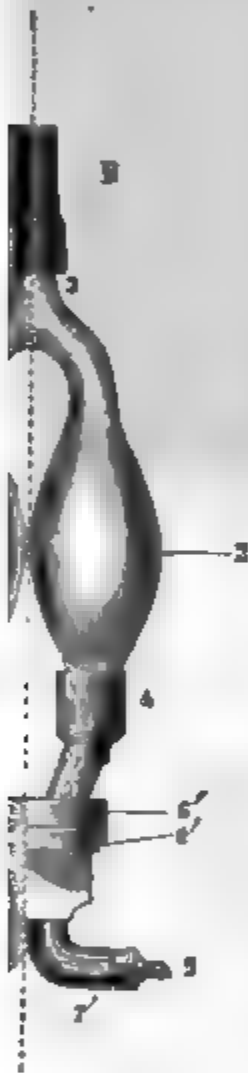


Fig. 167 de Ludwig et Dogiel
à vitesse du sang.

manière plus facile et plus rapide que le précédent. Deux ampoules de verre, 1 et 2, de capacité déterminée, communiquent entre elles par un tube, 3, et à leur autre extrémité communiquent avec deux tubes, 7 et 7', qui s'adaptent aux deux bouts d'une artère ou d'une veine par les ajutages 8 et 9. Les ampoules sont supportées par un disque, 5, 5', qui peut tourner sur le disque inférieur 6, 6', de façon que chacune des ampoules peut se trouver en communication alternativement avec le tube 7 et avec le tube 7'. Avant l'opération, on remplit l'ampoule 1 de sang défilé, l'ampoule 2 d'huile, et on met en rapport l'appareil étant dans la position indiquée dans la figure) le tube 7' avec le bout central de l'artère, et le tube 7 avec le bout périphérique. Le sang arrive par 7' et pousse l'huile de l'ampoule 2 dans l'ampoule 1, dont le sang défilé passe dans le bout périphérique de l'artère. On note l'instant où le sang de l'artère arrive dans l'appareil et l'instant où le sang a rempli l'ampoule 2, jusqu'à un trait marqué

d'avance. On a ainsi le temps qu'une quantité de sang correspondante à la capacité de l'ampoule a mis à traverser l'artère, il est facile d'en déduire la vitesse du sang. On recommence ensuite l'opération en tournant le disque, l'ampoule 1, remplie d'huile, communique alors avec le bout central de l'artère; l'ampoule 2, remplie de sang, communique avec le bout périphérique de l'artère. On peut répéter ainsi successivement l'opération pour en contrôler l'exactitude.

Appareil de Vierordt (fig. 168). — Cet appareil se compose d'un angle dont les parois opposées sont formées par deux tubes tangents; le sang y arrive par l'ajutage situé à droite de

la figure et sort par celui de gauche; mais avant de sortir, le sang déplace un petit pendule terminé par une boule d'acier de deux pointes qui touchent sans frottement les deux glaces et permettent, malgré l'opacité du sang, de voir les mouvements du pendule. La déviation du pendule indiquée sur un cercle gradué, mesure la vitesse du sang. Vierordt a complété son appareil en le transformant en appareil enregistreur.



Hémodynamographe de Chauveau et Lortet Fig. 169. — (fig. 169, page 695). — La figure représente l'hémodynamographe combiné au sphygmoscope de Marey. Le cuivre, 1, s'adapte par ses deux bouts au vaisseau sur lequel on expérimente; vers le milieu de ce tube se trouve une fermeture fermée par une membrane en caoutchouc; cette membrane est traversée, comme le montre la figure 1 bis, par une aiguille qui fait saillie à l'intérieur du tube et dont l'autre extrémité se termine en une pointe écrivante qu'on met en communication avec le tambour de l'appareil enregistreur, 8. Le courant sanguin, passant par le tube, déplace l'aiguille et la déviation s'inscrit sur le papier qui se déroule sur l'appareil enregistreur. Le sphygmoscope 2 communique avec le tambour du polygraphe 5, et le levier du polygraphe 5 inscrit simultanément les variations de pression dans l'artère. On donne des indications très-précises et a été employé avec succès par Chauveau, Laroyenne, Lortet, etc.

Les figures 170 et 171, page 696, donnent, d'après les tracés graphiques de la vitesse (v) et de la pression (P) dans l'artère du cheval.

Mesure de la vitesse du sang dans les capillaires. — La vitesse s'apprécie facilement au microscope; il suffit de compter le nombre de globules sanguins qui parcourent un espace donné, par exemple un micromètre. Vierordt a employé pour la mesurer la vision en mouvement des globules dans les capillaires de la rétine (fig. 172).

Procédés pour mesurer la vitesse de la circulation. — *Méthode de Hering.* — On injecte dans une veine jugulaire du ferropotassium et on recueille le sang de la jugulaire, du côté opposé, pendant 5 secondes en 5 secondes, puis on examine chaque portion de sang recueilli avec le perchlorure de fer; un précipité de bleu indique à quel moment le sang recueilli contenait le ferro-potassium; on connaît ainsi conséquent combien il a fallu de temps à la substance pour parcourir le circuit vasculaire. Vierordt a perfectionné la méthode en adaptant les vases destinés à recueillir le sang au disque de l'appareil enregistreur, il recueille ainsi le sang de demi-demi-seconde.

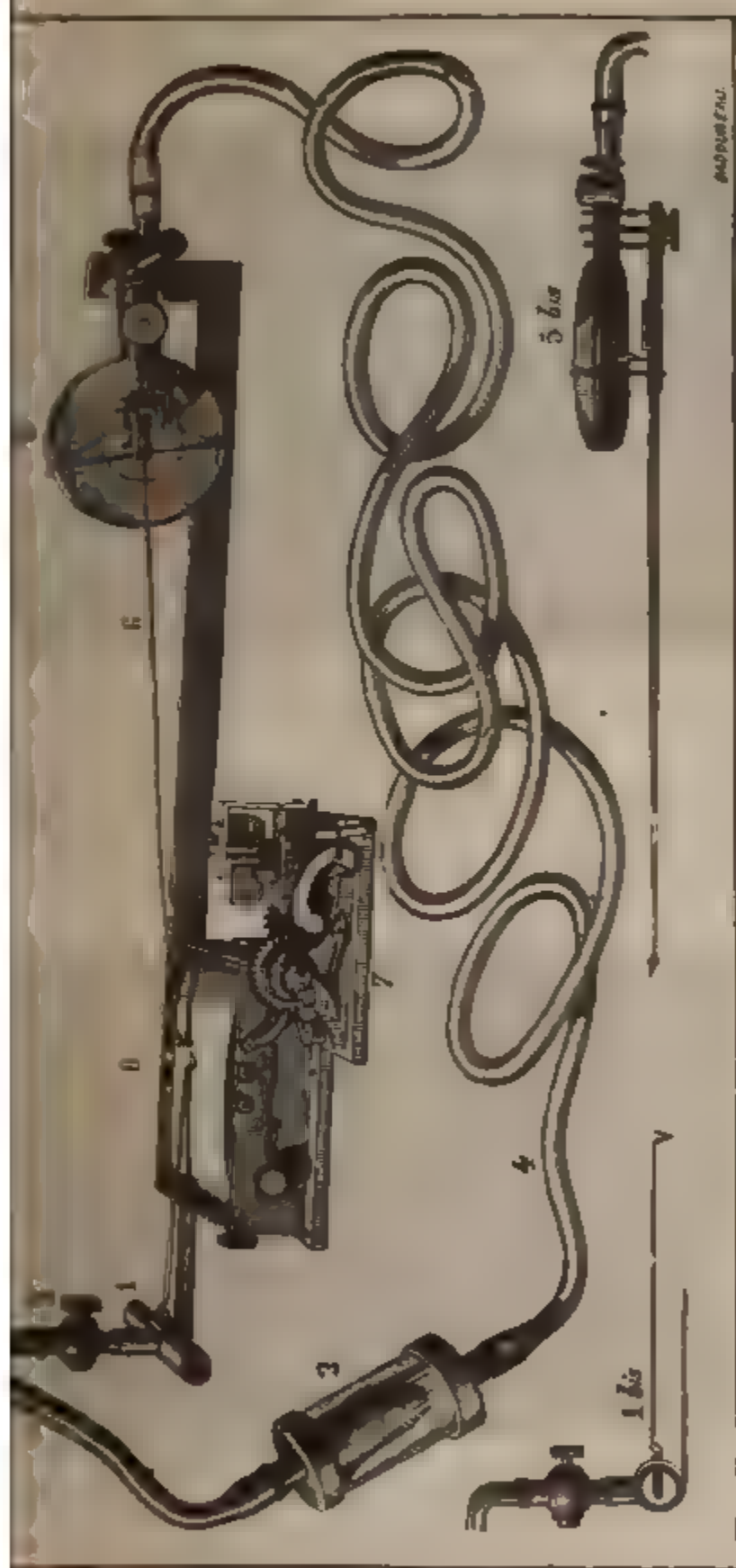


Fig 109. — Hémodynamographe de Chauveau et Lortet.

La vitesse du sang est en raison inverse du calibre des vaisseaux : ainsi elle est la plus forte dans l'aorte, elle

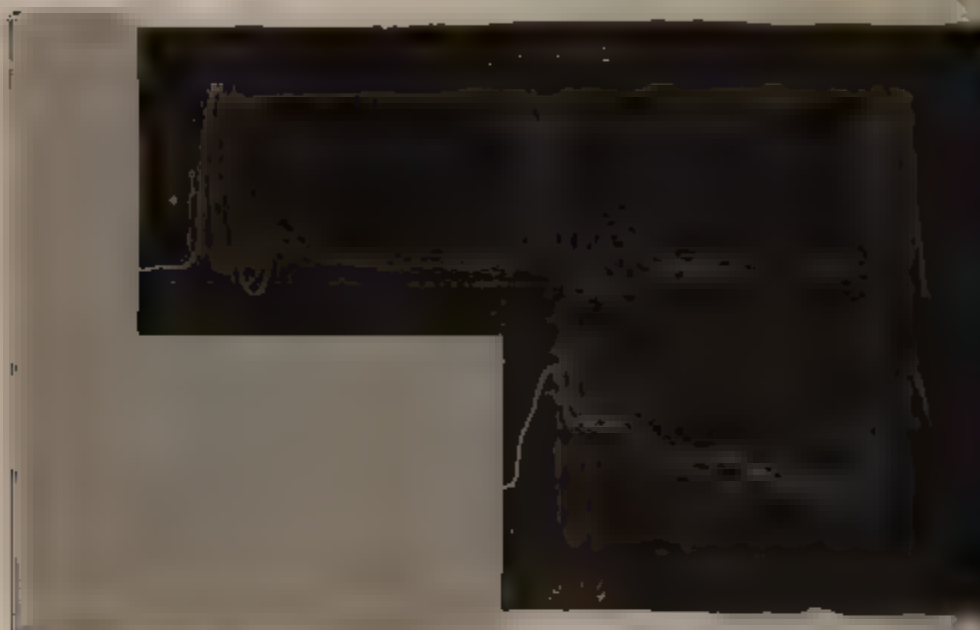


Fig. 170. — Graphique des variations de la vitesse et de la pression du sang dans l'aorte d'un cheval.

dans ses branches, atteint son minimum dans les capillaires ; la section totale est 800 fois celle de l'aorte, et augmente dans les veines pour atteindre dans les gros troncs veineux 22

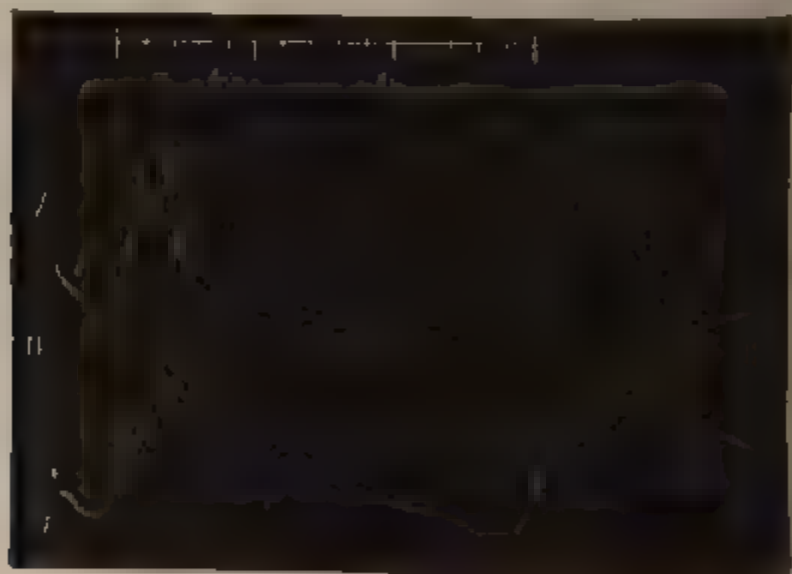


Fig. 171. — Graphiques de la vitesse et de la pression dans la crosse d'un cheval.

assez forte, mais toujours inférieure à celle des grosses branches de l'aorte. Les chiffres suivants indiquent, en millimètres

du sang par seconde dans les différentes parties de l'appareil vasculaire :

	Cheval.	Chien.
Artère carotide	300	260
— maxillaire	165	—
— métatarsienne	56	—
Capillaires	0.5 à 0.8	—
Veine jugulaire	(?)	—
Veines caves	(?)	—

que dans les petites artères la vitesse est constante et uniforme. Dans les artères et spécialement dans les grosses artères y amène une accélération (p. 696). En outre, dans le cœur, la respiration est rythmique dans la vie.

capillaires et les veines, la vitesse en est plus de même dans les grosses ; chaque systole y amène une accélération de vitesse (voir fig. 170). Dans les veines les plus rapprochées du cœur, la respiration est la deuxième cause de variation de la vitesse du sang.

Les causes qui font varier la vitesse du sang sont : 1° les différences de pression entre l'origine et la terminaison du système vasculaire ; mais la pression moyenne du sang n'a aucune importance, on peut augmenter ou diminuer cette pression par une saignée ou par une saignée sans changer la vitesse du courant ; 2° les obstacles sur le trajet du courant sanguin et surtout les changements de calibre des vaisseaux, changements qui sont sous l'influence de l'innervation ; 3° la qualité du sang ; certaines substances (addition de sels alcalins neutres) activeraient la vitesse du sang (Aronheim). Il n'y a pas de rapport constant entre la fréquence des battements du cœur et la vitesse du sang.

On peut appeler *vitesse* ou *durée de la circulation* le temps que met une molécule sanguine à parcourir complètement le circuit (grande et petite circulation), qu'un globule sanguin, par exemple, parti du ventricule, met à revenir à ce ventricule. *A priori*, il est évident que cette durée variera suivant la longueur du circuit à parcourir et qu'un globule sanguin parti du ventricule gauche et qui passera par les capillaires du pied mettra plus de temps pour revenir au ventricule que le globule qui parcourra que l'artère coronaire, les capillaires du cœur

coronaire. Cependant on a cherché à apprécier la *vitesse moyenne de la circulation* en prenant une longueur de

circuit vasculaire intermédiaire entre ces deux extrêmes. D'après les expériences d'Hering, répétées par Vierordt, cette vitesse de la circulation des veines jugulaires est de 16 secondes chez le chien, de 23 secondes approximativement chez l'homme. On peut dire qu'en 23 secondes une molécule partie de la veine jugulaire revient à son point de départ. Pour les veines crurales on obtient 2 secondes de plus. Cette vitesse de la circulation est donc que la rapidité avec laquelle les substances introduites dans le sang, les poisons par exemple, se répandent dans l'organisme.

Chez un individu donné, la fréquence du pouls diminue avec la vitesse de la circulation, à moins que la fréquence ne soit à l'extrême, auquel cas, cette vitesse, au lieu de diminuer, augmente.

Il y a donc un rapport entre la fréquence des battements du cœur et la vitesse de la circulation, et Vierordt a trouvé que chez la plupart des espèces animales la vitesse de la circulation est égale au temps pendant lequel le cœur fait 27 pulsations, ce que montre le tableau suivant emprunté à Vierordt :

	Poids du corps en grammes.	Fréquence du pouls par minute.	Nombre de pulsations produites de la circulation
Chien	2224	320	23.7
Chat	1312	240	26.8
Herisson	911	189	23.8
Lapin	1434	220	26.6
Chien	9200	96	26.7
Cheval	380,000	55	26.8
Poule	1332	354	20.5
Buse	693	282	21.6
Canard	1324	163	25.9
Oie	2822	144	26.0

6. — RAPPORTS DE LA CIRCULATION ET DE LA RESPIRATION.

Les deux phases de la respiration influencent à la fois la vitesse et la pression du sang.

Pendant l'inspiration, la pression sanguine moyenne dans toutes les parties contenues dans le thorax, cœur, artères et veines, où elle tombe même au-dessous de 0 ; celle dans

tend donc à favoriser l'arrivée du sang veineux dans les veines, l'oreillette droite et le ventricule droit, et à retarder le départ du sang artériel du ventricule gauche et de l'aorte. La dilatation et l'extensibilité des veines caves et du cœur sont égales à celles du ventricule gauche, il y aurait donc équilibre et la circulation n'en serait pas influencée ; mais il n'en est pas ainsi ; les veines et l'oreillette droite, étant bien plus extensibles que le ventricule gauche et l'aorte, se dilatent beaucoup plus (voir fig. 145, page 652), et par suite l'influence accélératrice du sang veineux l'emporte sur l'influence défavorable du sang artériel ; la circulation est donc favorisée. Dans les veines voisines du thorax, il y a véritable aspiration, de façon qu'une fois incisées, au lieu d'écouler du sang, on peut voir, grâce aux dispositions anatomiques qui les maintiennent béantes (Bérard), l'air entrer dans leur intérieur et amener une mort presque im-

mediate. Pendant l'inspiration augmente la grandeur et la fréquence du pouls, car il arrive plus de sang dans le ventricule droit et par suite dans le ventricule gauche ; mais ces effets ne se produisent que dans les inspirations profondes. Si l'inspiration est superficielle et qu'en même temps on ferme hermétiquement la bouche, la pression baisse dans le thorax de 50 à 60 millimètres au-dessous de la pression atmosphérique ; il y a alors une aspiration exagérée du cœur et ralentissement du pouls.

L'expiration a une action inverse ; la pression augmente dans le thorax et dans les artères ; la capacité de ces vaisseaux et celle des grosses veines intra-thoraciques diminue ; la circulation artérielle est favorisée, la circulation veineuse, au contraire, est gênée ; dans les veines caves et dans les grosses veines du thorax, le sang reflue ; le cœur reçoit alors moins de sang et ses battements deviennent alors moins fréquents et moins énergiques. En même temps, en faisant une forte expiration, la glotte se ferme et provoque l'arrêt du cœur (Weber), expérience qui n'est pas à répéter.

Ainsi, l'inspiration favorise la circulation veineuse, gêne la circulation artérielle ; l'expiration gêne la circulation veineuse, favorise la circulation artérielle ; mais il n'y a pas compensation parfaite des influences opposées, et la résultante générale est une

L'appareil de la petite circulation se trouve
dans le thorax et il en résulte des conséquences
point de vue de la circulation générale. En ef-
fect, les veines pulmonaires sont soumises à la même
pression et aux mêmes alternatives de pression que les
gros vaisseaux, mais tandis que les capillaires
général, situés en dehors du thorax, sont soumis
à une pression extérieure à la pression atmosphérique,
les capillaires des
dans le thorax même, subissent une pression
suivant les phases respiratoires. Les conditions
de la circulation pulmonaire sont d'autant plus importantes
qu'elles représentent une partie du circuit vasculaire et
qu'elles passent forcément par la voie pulmonaire, de sorte
qu'une gêne de cette circulation arrête immédiatement
la circulation générale.

Les causes de la circulation pulmonaire sont
toute circulation, les différences de pression dans
le circuit, ventricule droit et artère pulmonaire
gauche et oreillette gauche. Mais la mensuration
de la pression dans ces vaisseaux est très-difficile, cependant
la pression dans l'artère pulmonaire était de 10
de mercure, par conséquent 1 à 5 fois moindre
dans les grosses artères, la pression dans les
les veines pulmonaires n'a pu être évaluée, mais
plus élevée que celle des veines caves.

Quelle est maintenant l'influence des deux

tion et expiration, sur la circulation pulmonaire? La question a été peu étudiée expérimentalement; cependant on peut dire, d'une façon générale, que pendant l'inspiration la circulation capillaire du poumon est favorisée, et qu'il y a très-nettement augmentation de capacité des capillaires du poumon; en effet le poumon, au lieu de pâlir, conserve sa coloration au moment de l'inspiration, et comme il a augmenté de volume, il faut donc qu'il y ait eu en même temps augmentation de la quantité de sang qu'il contenait; en outre, Quincke et Schreiner ont vu que la quantité de sang qui coule à travers les vaisseaux est plus grande quand on dilate les poumons, non par l'inspiration, mais par diminution de pression à leur surface extérieure (mécanisme de l'inspiration). Comme conclusion, on arrive à ce résultat très-important, que dans l'expiration il y a gêne de la circulation pulmonaire capillaire et que plus l'expiration se prolonge, plus cette gêne devient considérable, au point de faire amener dans certaines conditions un arrêt complet de la circulation; de là la nécessité de pratiquer la respiration artificielle chez un animal dont on veut entretenir la circulation, les muscles inspirateurs sont paralysés (section du bulbe) quand le thorax a été ouvert.

Bibliographie. — HARVEY : *Exercitationes anatomicae de motu cordis*, 1628. — BOYLE : *Hæmostatique*, 1744. — SEMAC : *Traité de la structure du cœur*, 1777. — WEBER et V. WEBER : *Wellenlehre*, 1825. — POISSONVILLE : *Recherches sur le cœur aortique*, 1828. — BRAC : *Recherches sur les mouvements du cœur*. (Ann. générales de médecine, 1835.) — PARCERRE : *Du Cœur*, 1844. — VOLK : *Die Hamodynamik*, 1850. — VERNEUIL : *Le Système veineux*, 1853. — LAMARCA : *Physiologie du cœur*, 1855. — VIERORDT : *Die Lehre vom Arterienpuls*, 1865. — CHATVEAU et FAIVRE : *Nouvelles Recherches expérimentales sur les bruits et les bruits normaux du cœur*. (Gazette médicale de Paris, 1856.) — [1] : *Physiologie médicale de la circulation*, 1863. — A. CROIX : *Essai sur le sphygmographe*, 1864. — E. OLIVIER : *Études critiques et expérimentales sur l'occlusion des orifices auriculo-ventriculaires*. (Journal de l'Anatomie, 1865.) — L. LORAIN : *Recherches sur la vitesse du cours du sang*, 1867. — E. OLIVIER et C. VIREY : *Étude des tracés obtenus avec le cardiographe et le sphygmographe*. (Journal d'anatomie, 1868.) — DOUGLASS : *Die Ausmessung der atrio-ventriculären Blutströmung*. (1^{re} Arbeiten, 1868.) — J. LAMARCA : *Die Lehre vom Arterienpuls*, 1872. — [2] : *On sphygmography*. (Journal of Anatomy and Physiology, 1872.) — [3] : *Sur le mode de fonctionnement des valvules auriculo-ventriculaires du cœur*. (Archives de Physiologie, 1874.)

b. — Circulation lymphatique.

La circulation lymphatique présente beaucoup d'analogie avec la circulation veineuse; c'est en effet sous l'influence de la pression osmotique que le plasma sanguin transsude à travers la paroi

des capillaires pour constituer la partie essentielle de la lymphe et c'est encore sous l'influence de cette pression que celle-ci progresse jusqu'aux gros troncs lymphatiques pour se jeter dans le système veineux. Les lymphatiques constituent un véritable *appareil de drainage* chargé de faire rentrer dans la circulation sanguine l'excès du plasma transsudé nécessaire pour la nutrition des tissus et pour la sécrétion. Le sang, en arrivant dans les capillaires, prend donc, sous l'influence de la pression qui le pousse, deux routes différentes et se divise en deux courants de retour, l'un, le courant veineux qui va directement au cœur en suivant la voie toute tracée des vaisseaux veineux, l'autre indirect qui traverse les parois des capillaires, se répand dans les tissus, est repris par les lymphatiques, et enfin, par une voie détournée, se réunit au courant lymphatique dont il était sorti (voir fig. 12 page 82).

Les expériences de Ludwig, Noll, Weiss, Ranvier, et d'autres, semblent en effet indiquer que l'écoulement de la lymphe est favorisé par l'augmentation de pression dans les vaisseaux sanguins, spécialement dans les artères, et quoique les recherches de Paschutin et Emminghaus contredisent ces résultats, il est difficile de les mettre en doute jusqu'à vérification contraire. La pression sanguine est donc la cause essentielle et déterminante de la lymphe dans les radicules lymphatiques et de la progression de cette lymphe dans les canaux. Mais à cette cause principale viennent s'ajouter d'autres causes accessoires, en grande partie les mêmes que pour la circulation sanguine, telles sont la présence des valvules vasculaires, les contractions musculaires extérieures, musculaires ou autres, et surtout la respiration, l'effet de l'inspiration s'accompagne d'une accélération de la circulation dans le canal thoracique, accélération qui se traduit par une diminution dans la colonne manométrique, et l'expiration a un effet inverse, tous les mouvements musculaires qui exigent l'effort et entravent la circulation veineuse font sentir leur contre-coup sur la circulation lymphatique.

La contractilité des vaisseaux lymphatiques joue un certain rôle dans la circulation de la lymphe. On trouve chez les amphibiens se trouvant des cœurs lymphatiques (*)

(*) Chez la grenouille, il en existe quatre, un à la racine de chaque membre.

Les animaux qui en sont dépourvus, la contractilité des parois de ces vaisseaux peut en tenir lieu jusqu'à un certain point. On a constaté des contractions rythmiques sur les lymphatiques du mésentère chez le bœuf, et Heller les a vues chez le cobaye; ces contractions peuvent même être excitées par le galvanisme, comme plusieurs physiologistes s'en sont assurés sur l'homme après la décapitation.

Il est probable, en outre, que dans les chylifères la pénétration du chyle dans le chylifère central de la villosité et la circulation du chyle sont favorisées par la contraction des fibres musculaires lisses de ces villosités.

La circulation dans les glandes lymphatiques paraît plus compliquée, et il doit y avoir très-évidemment dans ces organes un ralentissement du courant lymphatique favorable à leur fonctionnement.

La pression de la lymphe dans les vaisseaux a été étudiée expérimentalement par Noll, Weiss et quelques autres physiologistes. Leurs recherches ont porté en général sur le tronc lymphatique des chiens et de poulains anesthésiés par l'injection d'opium dans les veines. Ils ont trouvé que la pression manométrique était de 10 à 30 millimètres de hauteur d'une solution saline de poids spécifique de 1,080. Dans le canal thoracique, Weiss a trouvé en moyenne une pression de 11^{mm},59 de mercure.

Quant à la vitesse du courant lymphatique, Weiss, en se servant du Thémodromomètre, l'a trouvée de 4 millimètres en moyenne par seconde.

Bibliographie. — **LUDWIG** : *Lehrbuch der Physiologie*. — **BEAUNIS** : *Anatomie générale et Physiologie du système lymphatique*, 1883.

2. — PRODUCTION DE CHALEUR.

Procédés. — **THERMOMÉTRIE.** — On peut employer deux sortes d'instruments pour prendre la température des corps vivants, les thermomètres et les appareils thermo-électriques.

Thermomètres. — Les différents thermomètres usités en physiologie sont décrits dans le chapitre : *Du Laboratoire de physiologie*, et il y a rien de particulier à ajouter sur leur mode d'emploi.

Appareils thermo-électriques. — Les appareils thermo-électriques basés sur le développement des courants électriques par l'action du froid et du chaud. Ils ont sur les thermomètres l'avantage de donner immédiatement la température, tandis que les thermomètres demandent

veut rechercher la température; les deux extrémités, réunies par un fil de même métal, les deux extrémités en communication avec le galvanomètre, la moindre différence de température des deux soudures se traduit par une déviation du galvanomètre; si, par exemple, la soudure placée dans la température constante est moins chaude que l'autre, le galvanomètre, va de la soudure à température constante vers la soudure à température variable. On peut varier la disposition des aiguilles thermo-électriques pour atteindre ainsi on peut les entourer de gutta-percha sous la forme de sondes qui pénètrent facilement dans les vaisseaux, dans le cœur, etc. Au lieu du galvanomètre, on peut employer les galvanomètres à miroir, Meyerstein, Meissner, etc., pour la description des courbes de températures spéciales. Avec les aiguilles thermo-électriques prenant les précautions convenables arriver à mesurer la température de $1/1000^{\circ}$ de degré.

CALORIMÉTRIE. — La calorimétrie a pour but l'estimation de la quantité de chaleur produite par un animal dans une expérience. Lavoisier employait le calorimètre à glace, qui se trouve dans tous les traités de physique. Dulong et Despretz se servaient du calorimètre à eau. L'animal est placé dans une boîte métallique qui est alimentée par un gazomètre tandis qu'un tuyau conduit l'air expiré. La boîte est plongée dans un espace clos rempli d'eau, qui est entouré de corps mauvais conducteurs, de façon que possible, sa température indépendante de celle de l'air. La température de l'animal et celle de l'eau du calorimètre sont prises au début et à la fin de l'expérience. Il peut alors se présenter deux cas. 1° Ou bien la température de l'animal est la même au début et à la fin de l'expérience; dans ce cas, qui est le plus

est placée au calorimètre, et pour trouver cette quantité il suffit de multiplier le poids du calorimètre (eau et métal) par sa chaleur spécifique et par le nombre de degrés de température que le calorimètre a perdus entre le début et la fin de l'expérience; 2° ou bien, la température de l'animal est prise au début et à la fin. Supposons que la température finale de l'animal soit moins élevée; dans ce cas, il faudra retrancher du nombre de chaleur gagnées par le calorimètre le nombre d'unités perdues par l'animal; on trouve ce nombre en multipliant le poids de l'animal par sa chaleur spécifique (qu'on peut évaluer à 0,83) et par le nombre de degrés perdus par l'animal pendant l'expérience. Si, au contraire, la température finale de l'animal était plus élevée, il faudrait ajouter les deux quantités au lieu de les retrancher l'une de l'autre. On a employé la méthode calorimétrique chez l'homme et a calculé le nombre d'unités de chaleur produites par l'homme pendant le repos et pendant le travail musculaire.

Méthodes chimiques. — *Calorimètre indirect.* — On peut arriver également, d'une autre façon, à trouver la quantité de chaleur produite par un organisme, et deux méthodes différentes peuvent conduire au même résultat.

Dans la première (Boussingault, Liebig, Dumas, etc.), on prend un animal soumis à la ration d'entretien, et on calcule la quantité de carbone et d'hydrogène contenue dans ses aliments; on en retranche la quantité éliminée par l'urine et par les excréments; la différence est la quantité de carbone et d'hydrogène oxydés dans l'organisme, et comme on connaît la quantité de chaleur produite par la combustion d'un gramme de carbone (8,080 calories), et d'un gramme d'hydrogène (34,5 calories), il est facile de trouver la quantité de chaleur produite par la combustion du carbone et de l'hydrogène consommés. Dans les hydrocarbonés, l'hydrogène et l'oxygène se trouvent dans la proportion de l'eau, on suppose que l'eau s'y trouve formée et on ne fait pas entrer l'hydrogène de ces substances dans le calcul. Le tableau suivant donne le détail de ce calcul (voir page 706) :

Ingesta.	Carbone.	Hydrogène.
Albuminoides	64 ^{gr} ,18	8 ^{gr} ,60
Graisses	70 ,20	10 ,26
Hydrocarbonés	146 ,82	"
Total.	281 ,20	18 ,86
Excréments et urine. . .	29 ,8	6 ,3
Reste.	251 ,4	12 ,56

On donnera donc par jour $251,4 \times 8,040 = 2031^c,312$,

l'hydrogène $12,56 \times 34,460 = 432^{\circ},818$, ce qui donne un total de 2464 calories par jour.

Mais ce calcul est loin d'être exact. En premier lieu la combustion d'une substance n'est pas égale à la chaleur de combustion de son carbone et de son hydrogène; elle est en général plus élevée que la somme des chaleurs de combustion de ses éléments. En supposant que l'hydrogène et l'oxygène dans les hydrocarbures sont à l'état d'eau n'est pas justifiée; aussi les chiffres obtenus sont-ils passibles d'erreur.

Aussi vaut-il mieux, au lieu de calculer la quantité de calories d'après la quantité de carbone et d'hydrogène contenus dans l'ingesta, calculer directement le nombre de calories fournies par l'ingesta dont on connaît la chaleur de combustion, comme dans le tableau suivant:

	Calories fournies par la combustion d'un gramme.	Calories en 24 heures
Albuminoïdes	45,998	3995
Hydrocarbures	3,277	1084
Grasses.	9,069	816
Total.		2495

Comme les albuminoïdes n'arrivent pas à une combustion complète dans l'organisme il faut diminuer de 3 calories environ le total des albuminoïdes, ce qui donne un total de 2492 calories par jour.

2^e Le second procédé consiste à calculer la quantité d'oxygène absorbée, et d'acide carbonique produit par la peau et les poumons (voir page 416), de l'acide carbonique exhalé on déduit la quantité de carbone brûlé; l'excès d'oxygène non employé à la production d'acide carbonique est supposé avoir servi à la formation d'eau et de cet hydrogène, on calcule alors la production de calories aux dépens de ce carbone et de cet hydrogène. Le tableau suivant résume les calculs de l'opération.

		Carbone	Oxygène
Acide carbonique éliminé en 24 heures par la peau et la respiration	909,75	231,4	658,35
Oxygène absorbé	741,11	"	"
Excès d'oxygène employé à former de l'eau	85,76	"	"
Hydrogène de l'eau formée	10,70	"	"

Pour le carbone, la quantité de chaleur sera de $231,4 \times 10,7 = 2031^{\circ},312$; pour l'hydrogène, elle sera de $10,7 \times 34,460 = 368,722$.

722 calories, ce qui donne un total de 2,400 calories par jour. Cette méthode n'est pas non plus à l'abri d'objections, et ne peut être employée avec avantage que chez les herbivores. On suppose en effet que l'oxygène absorbé sert à former de l'acide carbonique et l'eau, et que tout le carbone oxydé se retrouve dans l'acide qui est exhalé. En outre, pour une même quantité d'acide carbonique produite et d'oxygène absorbée, les quantités de chaleur peuvent être différentes.

1. — TEMPÉRATURE DU CORPS HUMAIN.

Les organismes vivants, au point de vue de la température, se divisent en deux classes : les animaux à sang chaud, ou mieux à température constante ; les animaux à sang froid, ou mieux à température variable.

Les animaux à sang chaud (mammifères, oiseaux) ont une température constante, uniforme, dont la moyenne oscille entre 36° pour les mammifères, 40° et 43° pour les oiseaux, et cette température constante se maintient, quelle que soit la température du milieu ambiant, du moins dans de certaines limites.

Les animaux à sang froid (poissons, amphibiens, reptiles, etc.) ont une température propre, qui oscille dans des limites beaucoup plus étendues et qui suit à peu près les variations de température du milieu ambiant.

Quand la température extérieure est basse ou peu élevée, leur température propre est un peu plus élevée que la température extérieure ; ainsi les grenouilles, dans un milieu à 6°, marqueront 7° et en marqueront 15°3 à 15°8 dans un milieu à 15° ; mais si le milieu qui les entoure est trop chaud, leur température propre tombe au-dessous de celle du milieu, et elles finissent bientôt par tomber dans un état soporeux, dès que la chaleur dépasse certaines limites ; même, au-dessous de 4° à 5° elles s'engourdissent peu à peu.

La température moyenne de l'homme est, dans l'aisselle, de 37° (36°6 et 37°4), et les oscillations, à l'état normal, ne dépassent jamais 1/2 degré. Mais si, au lieu de l'aisselle, on prend les autres régions du corps, on arrive à des résultats tout autres. À ce point de vue, on peut distinguer la surface même du corps, les organes et le sang. À la surface du corps, la température est très-variable, sauf dans les parties protégées,

la température du cœur droit serait plus de dixièmes de degré. Körner attribue cette augmentation du foie qui transmettrait sa chaleur aux parois minces du ventricule droit, mais il est possible que le sang du cœur droit se refroidit un peu à son passage vers le poumon. Le sang artériel diminue de température qu'il s'éloigne du cœur; le sang de la carotide est plus chaud que celui de la crurale (Becquerel); le sang central d'une artère est plus chaud que le sang du bout (Cl. Bernard). La température du sang veineux est plus élevée que celle du sang des veines superficielles et que celle du sang des artères correspondantes, des glandes et des muscles (au moment de leur contraction) est plus chaud que le sang artériel de ces organes. À l'embouchure des veines rénales, le sang veineux est plus chaud que celui de l'aorte, au même niveau, et la température dans la veine cave inférieure à mesure qu'on s'approche du cœur; c'est que cette veine reçoit le sang de la carotide qui est le plus chaud du corps et dépasse de 1° le sang de l'aorte. Aussi le sang de la veine cave inférieure a-t-il une température plus élevée que celui de la veine cave supérieure. La veine cave droite reçoit ainsi deux courants sanguins de température différente qui vont se réunir dans le ventricule droit.

2. — PRODUCTION DE CHALEUR DANS

Les chimiques. — L'oxydation ou la combustion est la principale de la production de chaleur. Quand deux atomes se combinent il se dégage une certaine quantité de chaleur. On dit, il se produit un mouvement oscillatoire des molécules et des atomes d'éther, et cette quantité de chaleur est toujours la même, toutes les fois que la combinaison est la même. Ainsi la combinaison de 1 gramme d'hydrogène, et de 8 grammes d'oxygène, pour former de l'eau, dégage toujours la même quantité de chaleur, et pour un corps donné il y a toujours une quantité fixe de combustion, c'est-à-dire que la combustion de 1 gramme (ou kilogramme) de ce corps dégage le même nombre de calories. En outre, quand la combustion d'un corps est possible de diverses façons, la quantité de chaleur produite reste la même, quelle que soit la voie des combinaisons. Elle ne dépend que de la constitution primitive du corps et de ses produits terminaux. Ainsi, si on brûle un gramme de carbone en formant de l'acide carbonique, on a le même nombre de calories que celui qu'on obtiendrait par sa combustion en formant de l'oxyde de carbone, et par la combustion de cet oxyde de carbone on obtient de l'acide carbonique.

Le tableau suivant donne, d'après Favre, Silbermann et Frankland, le nombre d'unités de chaleur dégagées par la combustion de 1 gramme des corps suivants :

Substances.	Calories.	Substances à l'état sec.	Calories.
Alcool.	34 ^e ,462	Urée.	2 ^e ,206
Glucose.	8,080	Acide urique.	2,615
Acide lactique.	5,307	Acide hippurique.	5,383
Hydrogène.	8,958	Hydrocarbonés.	3,277
Albumine.	3,505	Albumine.	4,998
Graisse.	5,647	Graisse.	9,069

On voit, pour le même poids, les corps gras dégagent plus de chaleur que les hydrocarbonés ; mais il n'en est pas de même si l'on considère la quantité d'oxygène employé pour la combustion. En effet, pour une même quantité d'oxygène consommé, les hydrocarbonés (et les acides organiques) dégagent plus de chaleur que les graisses. Quant aux albuminoïdes, ils en dégagent moins, car leur oxydation dans l'organisme étant incomplète, il faut retrancher du chiffre de calories qu'ils

ces mouvements sont produits en dernière analyse musculaire, celle du cœur, on peut la ramener à des actions chimiques. Il en est de même des frottements articulaires, des tendons, etc., dans les os du squelette.

2° Lieux de la production de chaleur

Il est bien constaté aujourd'hui que le muscle est le principal lieu de la production de chaleur dans l'organisme. On a vu déjà que le muscle, en se contractant, dégage de la chaleur (page 277), et cette augmentation de température, constatée expérimentalement, se retrouve si on considère l'organisme dans sa totalité. Semblable en cela à une machine à vapeur, il ne peut produire de travail mécanique qu'en produisant de la chaleur. La quantité de chaleur produite par le mouvement musculaire est si considérable qu'on se demande si cette action musculaire n'était pas purement calorifique et si, même pendant le repos, la chaleur produite n'était pas due à la contraction du cœur et des muscles inspirateurs.

Cependant, il est difficile de faire des muscles exclusivement producteurs de chaleur animale. Les centres nerveux dégage aussi de la chaleur (voir page 292); le foie, après le cœur, est l'organe le plus chaud du corps, ainsi qu'on le constate par la température plus élevée que celle

tée (page 330) : en tout cas, cette production de chaleur du sang à l'état normal reste toujours dans des limites très-limitées.

Les poumons sont-ils le siège d'une production de chaleur? Jais, Lavoisier et ses successeurs croyaient que les oxydations se faisaient dans le poumon même, en même temps que l'échange gazeux respiratoire, et le poumon était considéré comme le foyer principal de la chaleur animale. Mais aujourd'hui cette théorie ne peut se soutenir. Il est bien vrai qu'il se passe dans les poumons, au moment de l'acte respiratoire, une réaction de l'oxygène avec l'hémoglobine et, par suite, un dégagement de chaleur, mais ce dégagement est compensé par l'absorption de chaleur due au passage de l'acide carbonique de l'état de dissolution à l'état gazeux.

Résumé, partout où se font des oxydations, il se produit de la chaleur, et à ce point de vue tous les tissus, à l'exception du corné, doivent être le siège d'une production de chaleur; mais c'est dans les muscles, les centres nerveux et dans les reins qu'elle atteint son maximum, et ces organes peuvent être considérés comme les véritables foyers de la chaleur animale.

Quantité de chaleur dégagée par l'organisme.

On a vu, dans la description des procédés, que l'évaluation de la quantité de chaleur produite par un organisme dans un temps déterminé présente des difficultés très-grandes, et que ni la calorimétrie directe, ni les méthodes indirectes ne donnent de résultats absolument certains. Cependant on peut, en contrôlant les résultats obtenus par l'un par l'autre, arriver à une approximation suffisante. La quantité de chaleur produite en 24 heures par le corps humain peut être évaluée à peu près à 2,700 calories en moyenne, ce qui donne 1,87 calorie par minute et 112 calories par heure.

Cette quantité de chaleur correspond au repos du corps, c'est-à-dire à cet état pendant lequel les seuls muscles qui se contractent sont le cœur, les muscles inspirateurs et quelques autres muscles dont la contraction a beaucoup moins d'importance à ce point de vue. Mais pendant l'exercice musculaire, la produc-

tion de chaleur augmente d'une façon notable. C'est ce que montre le tableau suivant, emprunté à Hirn, dans lequel sont indiqués en regard la production de chaleur et la consommation d'oxygène dans le repos et dans le mouvement. Tous les chiffres sont calculés pour une heure :

Sexe.	Age.	Poids.	REPOS.		MOUVEMENT.		
			Oxygène absorbé.	Calories.	Oxygène absorbé.	Calories.	Travail kilogrammes
M	42 ans.	63 ^k	27 ^{gr} ,7	149	120 ^{gr} ,1	275	22,91
M	42	85	32 ,8	180	142 ,9	312	34,04
M	47	73	27 ,0	140	128 ,2	229	32,84
M	18	52	39 ,1	165	100 ,0	274	22,14
F	18	62	27 ,0	138	108 ,0	266	21,64
Moyennes	33,4	67	30 ,72	154,4	119 ,84	271,2	26,0

Pendant le sommeil la production de chaleur s'abaisse et d'après Helmholtz, il n'y aurait plus que 36 calories de forme par heure pour un homme de 60 kilogr., ce qui donnerait en 40 heures 1440 calories pour un homme de 67 kilogr. Il est facile maintenant avec ces données, de construire le tableau des calories formées en 24 heures pendant le repos et pendant le mouvement.

	JOURNÉE DE REPOS.		JOURNÉE DE MOUVEMENT.		
	Repos (16 heures).	Sommeil (8 heures).	Repos (8 heures).	Mouvement (8 heures).	Total (24 heures).
Nombre de calories formées. . .	2470,4	320	1235,2	2169,6	3724,8
	(154,4 × 16)	(40 × 8)	(154,4 × 8)	(271,2 × 8)	(40 × 8)
Total. . . .	2790,4		3724,8		

4° *Rapport entre la production de chaleur et la production de travail mécanique.*

Les faits mentionnés dans les paragraphes précédents conduisent à ce résultat que la plus grande partie au moins de l'énergie animale est produite dans les muscles. Il doit donc y avoir une relation intime entre la chaleur produite et le travail musculaire. La *corrélation des forces* (voir page 713) est applicable aux organismes vivants comme aux corps bruts.

deux sont soumis aux lois de l'équivalence de la chaleur et du mouvement. Le travail mécanique des muscles, évaluable en kilogrammètres, peut être aussi évalué en calories, puisqu'il faut transformer les calories en kilogrammètres, de les multiplier par 425, pour transformer les kilogrammètres en calories, de les diviser par 425.

Il est très-probable, sans que le fait puisse encore être démontré d'une façon certaine, que la production de chaleur dans le muscle est la condition de sa contraction, et les expériences de Helmholtz, Heidenhain, etc., ont prouvé qu'il se fait dans le muscle une transformation de chaleur en mouvement (page 277). Ce muscle est donc analogue à une machine à vapeur qui brûle du charbon et produit de la force vive sous forme de travail mécanique et de chaleur. Il brûle au lieu du combustible (graisse? sucre? carbonées) pour produire la force vive (chaleur et mouvement); et, de même que dans une machine l'usure des parties et la production d'oxyde de fer sont insignifiantes, en l'oxydation du charbon, l'usure de la substance albumineuse du muscle n'est qu'accessoire et n'entre que pour une faible part dans la production des forces vives.

Si maintenant, en nous plaçant à ce point de vue, le rendement d'une machine humaine en travail mécanique comparativement à la chaleur produite? Le calcul en est facile en nous servant des chiffres des deux tableaux précédents.

D'abord, les huit heures de sommeil. Le seul travail mécanique est le travail du cœur et des muscles inspireurs. Le travail peut être évalué à 70,000 kilogrammètres en 24 heures, celui des inspireurs à 13,608 kilogrammètres, ce qui donne par total de 83,608 kilogrammètres, soit 85,000 en nombres ronds, ou 28,333 kilogrammètres, équivalant à 66 calories. Si on divise ce chiffre de 66 calories au nombre de 320 calories formées pendant le sommeil (tableau de la page 712), on voit que le cinquième à peu près de la chaleur produite a été transformé en travail mécanique. On se demande si, pendant le repos, la quantité de chaleur produite ne provient pas presque exclusivement des muscles qui sont actifs, comme le cœur et les muscles inspireurs.

Pendant la journée de mouvement, le rapport est à peu près le même. Pour 213,341 kilogrammètres du cœur et des muscles inspireurs, il y a 213,341 (26,668 \times 8) kilogrammètres produits pendant le travail; on a donc, pour les 24 heures, 298,341 kilogrammètres, qui équivalent à 701 calories, et en comparant ce chiffre

au chiffre total de calories produites, $3724^{\circ},8 + 701^{\circ}$ on voit que le sixième environ de la chaleur produite s'est transformé en mouvement (*).

Mais il est plus rationnel de comparer la quantité de chaleur produite pendant les 8 heures de travail seulement au travail mécanique accompli, et, dans ce cas, le rapport est encore plus favorable que tout ce qui précède. En effet, pendant ces 8 heures, le travail produit comprend 28,333 kilogrammètres de travail mécanique, plus le tiers du travail des muscles inspirateurs, soit 28,333 kilogrammètres. Pendant ces 8 heures une production de 211,677 kilogrammètres de travail correspondant à 592 calories. D'autre part, le nombre de calories produites pendant ces 8 heures a été de $2169^{\circ},6 + 592^{\circ} = 2761^{\circ},6$. Si on compare ce chiffre de 2761[°],6 à 592, on voit que le quart environ de la chaleur produite s'est transformé en travail mécanique et on reconnaît immédiatement quel avantage présente, au point de vue du rendement, la machine animale sur les meilleures machines industrielles.

Une autre conclusion ressort du tableau de Hirn, si on compare la période de mouvement à celle du repos on voit que la production de forces vives (chaleur et travail mécanique) ne fait guère que doubler, tandis que la consommation d'oxygène est presque quadruplée, passant de 30,72 à 119,84.

La quantité de chaleur ainsi produite dans la contraction musculaire suffirait pour élever la température du corps humain de 1[°] pendant le repos, de 5[°] à 6[°] pendant le mouvement, si des causes, qui agissent plus loin, n'intervenaient pour arrêter cette élévation de température. Cependant, Davy a observé une augmentation de température de 0[°],3 à 0[°],7 pendant l'exercice musculaire. La privation d'oxygène produit l'effet inverse; si on lie un animal de façon à empêcher ses mouvements, sa température s'abaisse.

3. — RÉPARTITION DE LA CHALEUR DANS L'ORGANISME.

On a vu dans les paragraphes précédents que la production de chaleur dans l'organisme est loin d'être uniforme. Les muscles, par exemple, produisant beaucoup de chaleur, tandis que quelques autres beaucoup moins, quelques-unes n'en produisent aucune.

(*) Le chiffre 3724[°],8 représente le nombre de calories produites pendant la journée de travail, mais il faut y ajouter, pour avoir la quantité totale de chaleur produite, les 701 calories qui se sont transformées en mouvement pendant les huit heures de travail.

un corné, pas du tout. L'organisme peut donc être comparé à une masse hétérogène dans laquelle se trouvent disséminés un grand nombre de foyers de chaleur d'étendue et d'intensité variables. Les tissus qui composent cette masse sont, en général, mauvais conducteurs du calorique, et l'équilibre thermique serait difficilement s'il n'y avait des dispositions particulières qui facilitent la répartition de la chaleur. C'est le sang qui joue le rôle de distributeur, et de répartiteur du calorique dans l'organisme; il s'échauffe dans les organes qui produisent le plus de chaleur, comme les muscles, les glandes, le cerveau, et va transporter cette chaleur dans les autres organes en se refroidissant. Le système vasculaire représente ainsi un véritable appareil à circulation d'eau chaude dont les vaisseaux seraient les calorifères. L'influence du sang se voit surtout bien dans certaines parties, comme les oreilles, par exemple, qui par elles-mêmes ne produisent à peu près aucune chaleur, et dont la température est, toutes choses égales d'ailleurs, de la quantité de sang qu'elles reçoivent.

La température du sang artériel joue donc le rôle principal dans la répartition du calorique, et cette température est assez constante, tandis que celle du sang veineux varie suivant l'organe que le sang a traversé. On a vu plus haut que deux conditions essentielles influent sur la température du sang artériel : d'abord le lieu la température même du sang veineux; en second lieu la ventilation pulmonaire. Toutes les fois qu'un ou plusieurs des foyers de chaleur de l'organisme fonctionneront plus activement, la température du sang veineux et consécutivement celle du sang artériel augmenteront proportionnellement; d'autre côté, la ventilation pulmonaire refroidit le sang à son passage à travers le poumon, et comme cette ventilation s'accroît avec l'accroissement de l'activité musculaire, l'augmentation de température du sang se trouve en partie compensée par l'augmentation du refroidissement pulmonaire.

Le fait que le sang perd de la chaleur dans un organe, il ne faut pas en conclure que cet organe est par cela même incapable de produire de la chaleur; cela prouve simplement que sa production de chaleur est relativement faible.

La température d'un organe dépendra donc de trois conditions :
1° de la quantité de chaleur produite dans l'organe

L'organisme produisant continuellement de la chaleur, sa température propre s'élèverait inévitablement si une partie de cette chaleur ne disparaissait au fur et à mesure. La perte de chaleur se fait de plusieurs façons. La plus grande partie de la chaleur produite se perd par le rayonnement cutané; une autre partie est employée à échauffer l'air et les aliments et les boissons que nous ingérons; une dernière partie disparaît dans la vaporisation de l'eau aux surfaces pulmonaire et cutanée. Toutes ces pertes peuvent être calculées approximativement.

1° *Échauffement de l'air inspiré.* — Nous inspirons environ 13 kilogr. d'air à 12° en moyenne, et nous le renvoyons à 37°; nous avons donc échauffé en 24 heures 13 kg. d'air. La capacité calorifique de l'air étant 0,26, la quantité de chaleur perdue par l'organisme sera de $13 \times 25 \times 0,26 = 84$ calories.

2° *Échauffement des aliments et des boissons.* — Le corps ingère en moyenne de 1,900 grammes d'aliments et de boissons à 12°; celle des excréments et des urines est d'environ 200 grammes à 12°. C'est donc une quantité de 2,100 grammes environ qui ont été échauffées de 25°; la capacité calorifique = 1 qui ont été échauffées de 25°; une perte de $2,100 \times 25 = 525$ calories.

3° *Évaporation cutanée.* → Cette évaporation est d'environ 660 grammes. 1 gramme d'eau, pour passer à l'état de vapeur, absorbe 0,582 calorie; pour vaporiser 660 grammes d'eau, il faut donc 384 unités de chaleur.

4° *Évaporation pulmonaire.* — En l'évaluant à 33 grammes, son évaporation représente une perte de 192 calories.

Le tableau suivant résume les différentes causes de la déperdition de chaleur et leur valeur absolue ; les chiffres expriment des calories :

pour l'homme	2,187	{ Rayonnement	1,823	
		{ Évaporation	364	
pour les animaux	266	{ Évaporation	182	} 546
		{ Échauffement de l'air inspiré	84	
Échauffement des ingesta			47	

On ne donne pas la valeur absolue de la déperdition de chaleur en calories, on donne simplement la valeur pour 100. C'est ce que le tableau suivant qui montre comment se répartit une perte de 100 calories suivant les divers modes de déperdition de chaleur :

pour l'homme	87,5	{ Rayonnement	73,0	
		{ Évaporation	14,5	
pour les animaux	10,7	{ Évaporation	7,2	} 21,7
		{ Échauffement de l'air inspiré	3,5	
Échauffement des ingesta			1,8	
			100,0	

On voit par ces chiffres que près de 90 p. 100 de la chaleur sont éliminées par la peau ; les petits organismes perdent beaucoup plus de chaleur que les grands, leur surface étant plus étendue par rapport à la masse du corps, et pour compenser cette déperdition par une production de chaleur plus intense. Aussi les petits animaux sont-ils en général plus actifs que les grands.

Les conditions qui influencent la déperdition de chaleur doivent être étudiées, d'une part dans l'organisme, de l'autre dans l'extérieur, et pour l'homme principalement dans l'atmosphère.

Dans l'organisme, c'est la peau qui joue le rôle le plus important ; son épiderme (mauvais conducteur) s'oppose plus ou moins, suivant son épaisseur, aux déperditions de chaleur par rayonnement ; ses caractères de sécheresse ou d'humidité ont encore une influence plus grande : en effet, plus l'évaporation est grande à la surface, plus la perte de chaleur est considérable.

Il en est de même de l'état de ses vaisseaux ; quand ils sont dilatés et remplis de sang, la peau abandonne au milieu

extérieur beaucoup plus de chaleur que quand ils sont exposés et parcourus par une faible quantité de sang.

L'air est mauvais conducteur de la chaleur, mais sa température et son humidité influencent directement la déperdition calorifique en favorisant ou en contrariant le rayonnement et l'évaporation. Le mouvement et l'agitation de l'air ont, à ce point de vue, une très-grande importance. Quand le milieu d'air qui entourent immédiatement l'organisme se renouvelle continuellement, la peau perd à chaque instant du calorique par le rayonnement et par l'évaporation, en admettant ce qui est d'habitude, que la température de l'air soit inférieure à celle de l'organisme, tandis que si on maintient une couche d'air au contact du corps, comme on le fait par les vêtements, le refroidissement est beaucoup plus lent, les vêtements agissent alors comme de doubles fenêtres d'un appartement.

5. — ÉQUILIBRE ENTRE LA PRODUCTION ET LA DÉPENSE DE LA CHALEUR.

Le maintien d'une température constante est une condition de l'activité vitale chez les animaux à sang chaud, qui leur permet de conserver toute leur énergie fonctionnelle, quelle que soit la température du milieu ambiant, ou du moins tant que cette température ne dépasse pas, en plus ou en moins, certaines limites, et cette constance paraît surtout favoriser les manifestations de l'activité nerveuse.

Pour que cet équilibre de température s'établisse, il faut que toute nécessité que l'organisme perde, en une minute, par exemple, autant de chaleur qu'il en produit. Ainsi si le corps produit 1,87 calorie par minute, il doit en perdre 1,87 pour que sa température moyenne reste constante. S'il en produit plus, l'équilibre s'établira encore si la perte est aussi de 1,87 calorie par minute; seulement, dans ce cas, la température moyenne augmentera.

Deux conditions agissent donc sur cet équilibre de température, les variations dans la production de chaleur, les variations dans la déperdition.

Les variations dans la production de chaleur tiennent à l'intensité ou moins d'activité des différents foyers de chaleur.

et en particulier des muscles, c'est-à-dire à l'intensité des phénomènes chimiques qui se passent dans les organes; les variations dans la déperdition dépendent soit de l'organisme, soit du milieu extérieur, et le système nerveux est le lien qui les rattache les uns aux autres et établit entre elles la relation nécessaire; c'est lui qui est, comme on le verra plus loin, le véritable régulateur de la chaleur animale, comme le sang en est le distributeur.

Quels sont maintenant les causes qui peuvent augmenter ou diminuer la température moyenne du corps?

La température moyenne augmentera dans les cas suivants :
1° Par augmentation de la production de chaleur, la déperdition changeant pas ;

2° Par diminution de la déperdition, la production de chaleur changeant pas ;

3° Par augmentation de la production et diminution de la déperdition ;

4° Par augmentation de la production de chaleur et augmentation insuffisante de la déperdition ;

5° Par diminution de la déperdition et diminution de la production de chaleur, si la première l'emporte sur la seconde.

La température moyenne diminuera dans les cas contraires. Il faut donc qu'une augmentation de production de chaleur coïncide :

1° Avec une augmentation de la température moyenne, si la déperdition de chaleur ne varie pas ;

2° Avec le maintien de la température moyenne, si la déperdition augmente ;

3° Avec un abaissement de la température moyenne, si la déperdition est très-considérable.

4° Même une augmentation de la déperdition de chaleur peut coïncider :

1° Avec une diminution de la température moyenne, si la production de chaleur n'augmente pas ;

2° Avec le maintien de la température moyenne, si la production de chaleur augmente ;

3° Avec une augmentation de la température moyenne, si la déperdition de chaleur est plus considérable.

Ces exemples feront comprendre comment se fait l'équilibre de la température. Si la température augmente, l'ac-

tivité du cœur s'accroît et fait passer plus de sang par les artères et surtout par les capillaires de la peau dont les vaisseaux se dilatent, il en résulte une déperdition plus grande de chaleur par la peau; en outre, la sueur est sécrétée en abondance et son évaporation amène aussi une perte de chaleur; pendant ce temps, les respirations ont plus d'ampleur et le sang qui passe par les capillaires des vésicules se refroidit dans les poumons; la sensation de chaleur que nous éprouvons nous porte à augmenter encore la déperdition de chaleur par des vêtements légers, bons conducteurs par des bains, etc. Quand la température baisse, les phénomènes inverses se produisent : les vaisseaux cutanés se rétrécissent et ne laissent passer par la peau qu'une quantité réfrigérante par excellence de l'organisme, que le minimum de sang indispensable à son fonctionnement; le sang reste dans les parties plus profondément situées et peu accessibles à la déperdition; nous diminuons encore la déperdition de chaleur par des vêtements mauvais conducteurs, par l'échauffement artificiel de l'air qui nous entoure; enfin, nous augmentons la production de chaleur par l'exercice musculaire et par l'alimentation abondante riche en hydrocarbonés et en corps gras.

D'après Liebermeister et Hoppe, une soustraction subite (comme par une douche froide par exemple) amènerait une élévation de température. Si on mouille le pelage d'un chien ou d'un lapin, on voit une augmentation de température pendant tout le temps de l'immersion; si on empêche l'évaporation par une enveloppe de cellophane, il n'y a pas d'augmentation de température.

Application d'un enduit imperméable sur la peau — On recouvre la peau d'un animal d'un enduit imperméable (goudron, résine, etc.), cet animal ne tarde pas à succomber. Chez les lapins, il faut, pour que la mort arrive, que l'enduit couvre un sixième de la surface cutanée. Les animaux présentent, au bout de quelques heures, de la dyspnée, la respiration et le pouls diminuent en fréquence, il survient de la paralysie et des convulsions et la température (dans le rectum) s'abaisse à 19° ou 20°; les urines deviennent rares. À l'autopsie, on trouve une congestion de différents viscères, une dilatation notable des vaisseaux de la peau et du tissu sous-cutané.

La cause de la mort n'est pas encore bien expliquée. On l'a attribuée à la rétention de principes volatils nuisibles, perspirables, qui n'auraient pu être éliminés, combinaison volatile azotée, urée décomposée, etc. On a trouvé sous la peau

de l'œdème, et dans la sérosité de cet œdème des cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien. Cependant l'injection du sang dans les veines d'un autre animal n'a pas d'effet nuisible. La mort n'est pas due non plus aux troubles respiratoires car les symptômes sont différents de ceux de l'asphyxie et les gazes ne sont pas altérés; la respiration cutanée continue et ne peut être mise en cause. Peut-être la paralysie vasculaire des organes internes (moelle, reins) pourrait-elle être invoquée, mais il est probable que la cause principale est la déperdition de chaleur trop considérable produite. En effet, le réchauffement artificiel fait disparaître les accidents.

6. — INFLUENCE DU SYSTÈME NERVEUX.

Le système nerveux et spécialement le système nerveux vasomoteur est le véritable régulateur de la chaleur animale. Seul son mode d'action présente encore beaucoup d'obscurités. L'influence des nerfs vaso-moteurs sur la chaleur animale est démontrée par un grand nombre d'expériences dont la plus ancienne et la première en date est la section du grand sympathique au cou (Cl. Bernard). Après cette opération, on observe, en même temps qu'une dilatation vasculaire, une augmentation de température du côté de la section. La section du filet sympathique de la glande sous-maxillaire, celle des nerfs des membres (qui contiennent des filets vaso-moteurs), produisent le même effet. L'excitation des nerfs vaso-moteurs, au contraire, est suivie d'un refroidissement de la partie innervée par ces filets. La section de la moelle est suivie d'un abaissement de température qui augmente graduellement jusqu'à la mort, abaissement plus rapide que la moelle a été coupée plus haut (Cl. Bernard, Schiff, Brodie). Il est probable que cet abaissement est dû à la section des filets vaso-moteurs contenus dans la moelle, à la dilatation consécutive des vaisseaux cutanés et à la déperdition calorifique qui en résulte, car si on empêche cette déperdition en plaçant l'animal dans une enceinte chauffée, il y a au contraire une augmentation de température. (Billroth, Weber.)

La section des nerfs sensitifs amène en général un abaissement de température (Mantegazza, Heidenhain). Tantôt cet abaissement est général, tantôt il se limite à une partie du corps, comme on le voit sentir que localement (nerf auriculaire, nerf

sciatique), et s'explique par un rétrécissement réflexe des vaisseaux. tantôt l'abaissement porte sur la température de l'organisme (comme dans la douleur) et est plus facile à interpréter.

On voit par ces données expérimentales, que le cerveau agit surtout par l'intermédiaire des nerfs vaso-moteurs sur la repartition et sur la déperdition de chaleur. Agit-il aussi sur la production de chaleur ? Cl. Bernard croit à un centre distinct de la circulation, pour lui le grand sympathique est à la fois un nerf vaso-moteur, constricteur des vaisseaux et un nerf frigorigène, et ces deux actions seraient indépendantes l'une de l'autre. si on sectionne le sympathique et si on aplatit les veines de l'oreille pour interrompre la circulation, l'augmentation de température ne s'en montre pas. Les nerfs vaso-moteurs, comme la corde du tympan, ont une action opposée à celle des nerfs constricteurs et seraient donc frigorigènes : en un mot, suivant l'expression de Cl. Bernard, l'organisme vivant pourrait faire sur place du charbon à l'aide de son système nerveux. Les idées de Cl. Bernard ne sont pas adoptées par la plupart des physiologistes.

Y a-t-il maintenant dans la moelle ou dans l'encéphale des centres vaso-moteurs proprement dits, spéciaux régulateurs, chargés de maintenir l'équilibre entre la production et la déperdition de chaleur ? La question est à peu près insoluble. Quelques auteurs (Nagel) ont bien admis dans le cerveau des centres d'arrêt qui renverraient des fibres modératrices ralentissant ou enrayant les processus thermiques mais les expériences sont encore incomplètes pour qu'on puisse en tirer des conclusions positives.

7. — DES VARIATIONS DANS LA TEMPÉRATURE

1° VARIATIONS SUIVANT LES DIVERS ETATS DE LA VIE

a) *Age*. — Les différences de température dues à l'âge ne sont pas grandes. Après la naissance, la température du rectum est de 37°,75 dans le rectum; elle baisse dans les premières heures et tombe à 37°. puis, dans les dix jours suivants, elle monte à 37°,2 — 37°,6 et reste à ce niveau jusqu'à l'âge adulte. A partir de ce moment, elle s'abaisse de nouveau jusqu'à

ima, l'une le matin, l'autre dans l'après-midi. L'abais-
 : température dans l'inanition a déjà été indiqué page
 1 *Exercice musculaire.* — D'après J. Davy, la tempéra-
 enne du corps monte un peu, de 1° environ (sous la
 endant l'exercice musculaire, surtout dans les climats
 en serait de même dans le *travail de tête*, seulement
 ation serait moins prononcée. Le *sommeil* n'a aucune
 sur la température du corps. — c) La *menstruation*
 esse (sauf dans les deux derniers mois) n'augmentent
 température.

ATIONS PAR CAUSES EXTÉRIEURES. — a) *Variations*
 res. — Le maximum de température s'observe de 11
 l'heure de l'après-midi, le minimum, dans la nuit, vers
 et demie du matin. — b) *Température.* — La tempé-
 e milieux extérieurs (air, eau, bains, applications froids-
 mades), celle des boissons ingérées, ont une influence
 quée sur la température du corps, tant par leur action
 que par leur action sur le système nerveux ; cette in-
 et par conséquent assez complexe, et pour s'en rendre
 l'est nécessaire de l'analyser d'après les données indi-
 es haut. Mais cette question est plutôt du ressort de
 . — c) *Climat.* — En été, la température du corps est
 en élevée qu'en hiver (de 0°,1 à 0°,2). J. Davy, dans le
 climat tempéré (différence de
 ... la température. Brown-Séguar

Figure.

(XXXIV) — WERTZ : De la Production de chaleur dans les stress etc. — HIRSHOLTZ : Ueber die Wärmeentwicklung, 1843. — J. GAY LUSAC : *Revue médicale* 1855, et *les Phénomènes physiques de la vie*, 1859. — A. MACH : *Recherches sur l'équivalent mécanique de la chaleur*, 1858. — H. DEBRAY : *Leistung Wärmeentwicklung und Stoffumsatz bei der Muskelthätigkeit*. — BERTHELOT : *Sur la Chaleur animale* (*Journal de l'Anatomie*, 1865). — De la *Théorie dynamique de la chaleur dans les sciences biologiques*, 1866. — *Die medizinische Physik*, 1866. — DIRRY : *De la Chaleur et la Nutrition*, 1867. — WUNDERLICH : *De la Température du corps dans l'état de repos*, trad. par LABADIE-LAGRANGE, 1872. — CL. BERNARD : *la Chaleur animale* (Revue scientifique, 1872.)

3. — PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ. ÉLECTRICITÉ ANIMALE.

Procédés de démonstration des courants musculaires. 1° *Galvanomètre*. — L'appareil est disposé de la manière suivante (fig. 172).

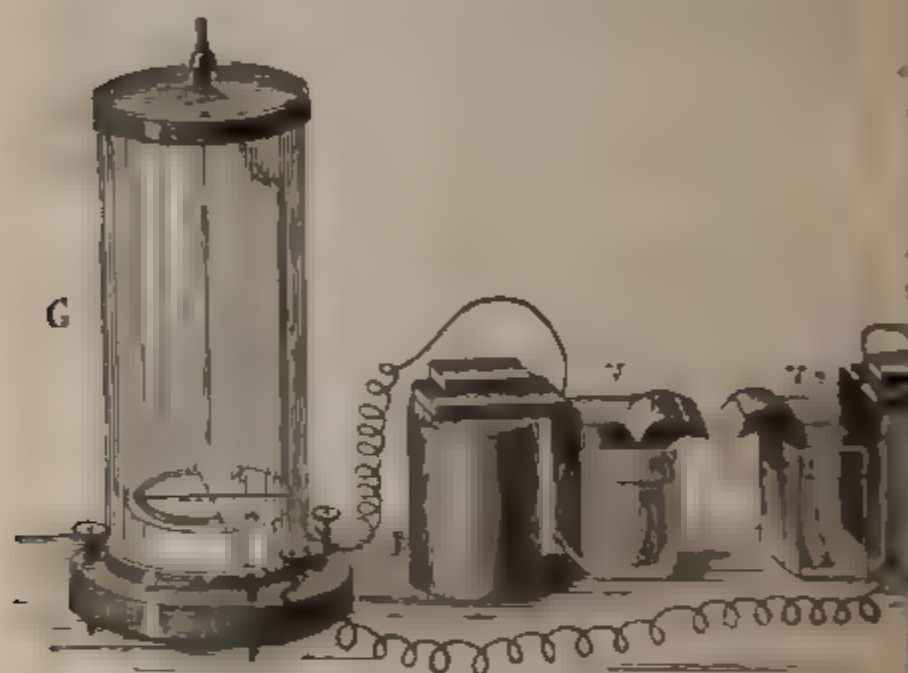


Fig. 172. — Appareil de Du Bois-Reymond pour démontrer les courants animaux.

1° (fig. 172). Deux vases en verre, V, V, contiennent une solution de sulfate de zinc, dans ces vases plongent : 1° d'une part des zincs, z, portées par des supports isolants, s, et reliées par les deux bornes d'un galvanomètre, G ; 2° d'autre part des feuilles de papier à filtrer, p, sur lesquels on place le muscle ou le nerf, comme dans les figures 173 et 174 p. 725. Le courant traverse le muscle ou le nerf de a en b, courant indiqué par la flèche, traverse le circuit du galvanomètre et provoque la déviation de l'aiguille, dont le sens indique la direction

Reymond. On peut, au lieu du galvanomètre ordinaire, employer un galvanomètre à miroir.



Fig. 173. — Muscle à surface naturelle posé sur les coussinets.



Fig. 174. — Muscle à surface artificielle placé sur les coussinets.

La *patte galvanoscopique* (fig. 175) — On donne ce nom à une grenouille détachée du corps, laquelle on laisse adhérente toute la longueur possible de la sciatique, *n*. On peut remplacer la patte galvanoscopique par le gastrocnémien de la grenouille,



Fig. 175. — Patte galvanoscopique.

ou par le sciatique. Pour démontrer le courant nerveux, on la dispose ainsi. Le nerf de la patte galvanoscopique est placé sur deux coussinets de papier à filtrer imbibés de solution de sodium et supportés eux-mêmes par une lame de verre ainsi que la patte galvanoscopique. Un des coussinets répond à la section du nerf ou à sa coupe transversale, l'autre à la coupe longitudinale. Si maintenant on réunit les deux coussinets par un troisième coussinet qui sert de conducteur entre les deux premiers, on établit un courant dans le circuit fermé, constitué par les coussinets et par le nerf, et l'établissement de ce courant détermine l'excitation de nerf et une contraction du muscle; le même effet est produit à la rupture du courant quand on enlève le troisième coussinet qui fermait le circuit. Il suffit quelquefois de croiser les deux pattes galvanoscopiques, de façon à ce qu'ils se touchent en deux points, pour que la contraction se produise, ou même de laisser tomber un nerf sur l'autre. Un seul nerf replié sur lui-même produit aussi une contraction. Ces mêmes dispositions s'emploient pour démontrer le courant musculaire. (*Contraction non métallique.*) *Contraction chimique.* — Dans l'appareil de Du Bois-Reymond, on

peut remplacer le galvanomètre par une solution d'iodure de potassium et d'amidon; l'iode est mis en liberté à l'électrode positif et l'amidon.

1° *Courant musculaire et nerveux.*

Si, comme dans la figure 174, on place sur les coussinets de l'appareil de Du Bois-Reymond un fragment de muscle (a) de façon que la section transversale corresponde à un coussinet et sa surface à l'autre coussinet, la déviation de l'aiguille du galvanomètre indique l'existence d'un courant, qui, dans le muscle, va de la coupe transversale à la surface et, dans le conducteur galvanométrique, de la surface à la coupe. La coupe du muscle est électrisée positivement, la surface négativement (fig. 176). Au lieu de prendre la coupe transversale d'un muscle, on peut prendre le tendon du muscle qui constitue ce qu'on appelle la *surface transversale naturelle*, comme dans la figure 173, et qui est électrisé négativement. Au lieu de la surface du muscle, on peut prendre une section du muscle *parallèle* aux fibres musculaires, ou ce qu'on appelle encore la *surface longitudinale artificielle*, et qui est électrisée positivement. Chaque muscle ou fragment de muscle constitue donc un véritable couple électro-moteur, et en reliant des tronçons de muscles de grenouilles à la façon des éléments d'une pile à colonnes, on a pu construire de véritables piles musculaires.

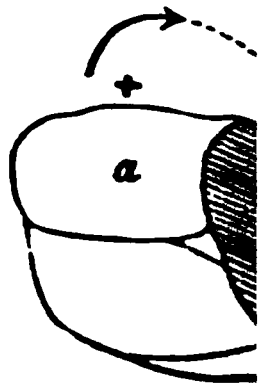


Fig. 176. — Direction du courant musculaire.

Les nerfs sont le siège de courants semblables qui diffèrent des courants musculaires que parce qu'ils sont beaucoup plus faibles.

Ce sont ces courants musculaires et nerveux qui forment leur réunion ce que Nobili (1825) appelait le *courant de la grenouille*. Dans la grenouille ce courant va de la périphérie des extrémités vers le tronc; dans le tronc il va de l'arrière vers la tête. Chez les mammifères, sa direction est inverse; les membres amputés et dépouillés de la peau montrent un courant qui va du tronc à la périphérie.

courants persistent encore quelque temps, quoique plus après la perte d'excitabilité des nerfs et des muscles.

du courant musculaire, démontrées en 1840 par Matteucci, déterminées par Du Bois-Reymond, ainsi que celles du courant. Du Bois-Reymond montra que la déviation de l'aiguille du mètre varie suivant les points du cylindre nerveux ou musculaire réuni par un conducteur. Il distingue les cas suivants, dont 177 donne la représentation schématique.

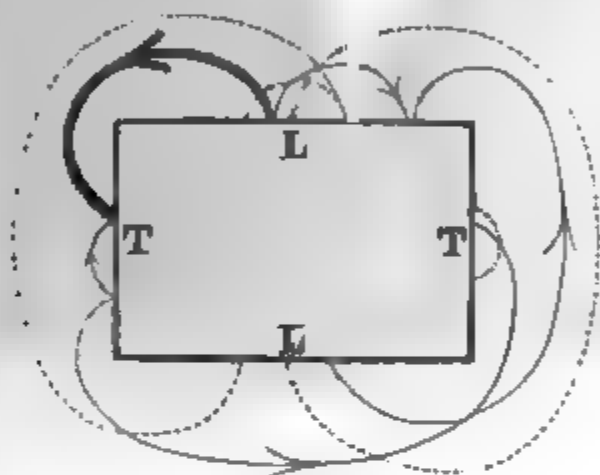


Fig. 177. — Forces et direction des courants.

une forte déviation de l'aiguille quand le conducteur réunit la longitudinale à la surface transversale (ligne épaisse), et le **max de déviation** est obtenu quand le milieu de la surface longitudinale (équateur) est réuni au milieu de la surface transversale.

la déviation est faible (lignes fines) quand on réunit deux points éloignés du milieu de la surface (longitudinale ou transversale) ou deux points inégalement distants de deux surfaces opposées. Pour les surfaces longitudinales, le courant marche dans le conducteur du point le plus rapproché du centre au point le plus éloigné; inversement pour les surfaces transversales.

la déviation est nulle (lignes pointillées) quand on réunit deux points d'une même surface ou de deux surfaces opposées également éloignés du centre (points symétriques), ou encore les centres des deux surfaces opposées.

La fig. 178 (page 728) représente schématiquement l'intensité des courants dans le cylindre nerveux ou musculaire (N), dont SL est la surface longitudinale, STr la surface transversale. La direction des flèches indique la déviation des courants. Les courbes F indiquent la force du courant qui passe dans un conducteur de tension constante pour les différentes positions qu'on lui donne sur l'une quelconque des deux

surfaces. Les points *a*, *b*, *c*, *d*, pris sur une des surfaces, considérés comme ligne des abscisses, indiquent le milieu de l'espace comp

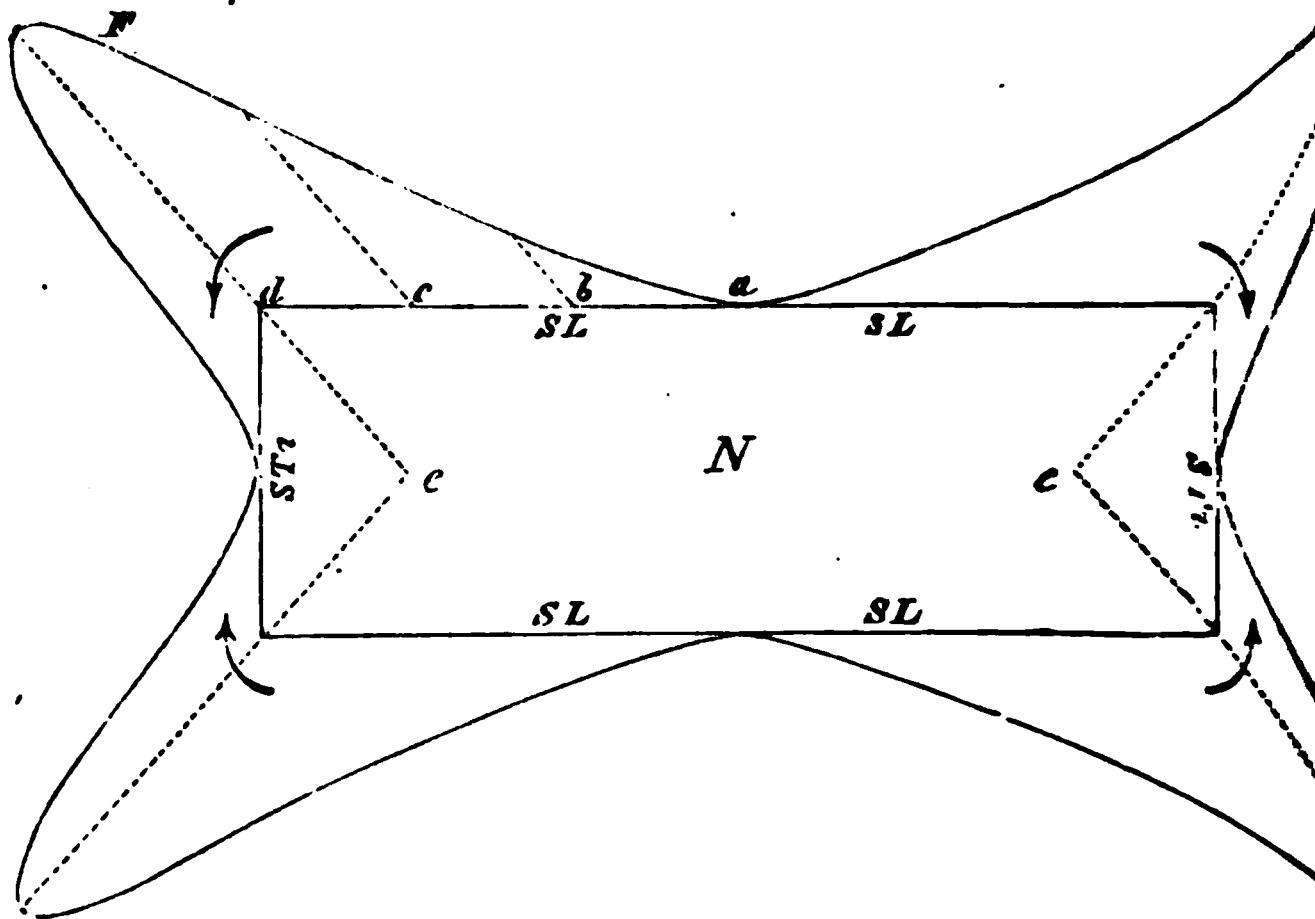


Fig. 178. — Schéma de l'intensité des courants dans le liquide nerveux.

entre les deux points d'application du conducteur, et les ordonnées abaissées sur ces points représentent l'intensité du courant qui traverse le conducteur. On voit qu'en *a*, le courant = 0, et que le courant est à son maximum (ordonnée *ed*) quand les deux extrémités du conducteur sont situées, l'une sur la surface longitudinale, l'autre sur la surface transversale.

Il arrive souvent que la partie tendineuse du muscle, au lieu d'être électrisée négativement, soit positive; c'est ce que Du Bois-Reymond a appelé *partie parélectronomique* du muscle.

Courants d'inclinaison. — Rhombe musculaire. — Si la coupe du muscle, au lieu d'être exactement perpendiculaire à la surface longitudinale, est oblique, les courants ne présentent plus la même disposition. Le point le plus négatif de la coupe, au lieu de correspondre au centre de la coupe, se rapproche de l'angle aigu; le point le plus positif de la surface longitudinale au contraire se rapproche de l'angle obtus.

La fatigue diminue la force du courant musculaire.

Les caractères du courant nerveux sont les mêmes que ceux du courant musculaire.

Pour l'influence de l'électrotonus sur le courant nerveux, voir la section *l'influence de l'électricité sur l'organisme*.

Les autres parties de l'organisme sont aussi le siège de ce

tes; E. Becquerel les a constatés dans les os, les tendons, les nerfs, etc. La surface externe de la peau (grenouille) est électrisée négativement, la surface interne positivement.

2° Variation négative.

Nerfs et les muscles à l'état de latence présentent un changement remarquable de leur état électrique. Si on place, comme dans l'appareil de la figure 172, une portion de nerf ou de muscle dans le circuit galvanométrique, la déviation de l'aiguille indique l'existence du courant normal. Si alors on excite le nerf ou le muscle en dehors du circuit galvanométrique, de façon à tétaniser le muscle, l'aiguille revient au zéro et peut même (pour un nerf seulement) dépasser le zéro et indiquer un renversement de courant (*variation négative*). Ainsi, dans la patte d'une grenouille, on a un courant descendant au moment de la contraction, au lieu du courant ascendant ordinaire. Cette variation négative peut agir comme excitant sur le nerf d'un autre muscle, de sorte que, si on place le nerf de la patte galvanoscopique sur le nerf du muscle qui se contracte, de façon que les points du premier nerf corresponde à la coupe et un point à la surface du second nerf, chaque contraction musculaire s'accompagne d'une contraction de la patte galvanoscopique (*contraction secondaire*). Si au lieu d'y produire une seule contraction, on tétanise le muscle et qu'on place sur ce muscle deux points du nerf de la patte galvanoscopique, les muscles de cette patte entrent aussi en tétanos (*tétanos induit ou secondaire de Matteucci*).

Cette variation négative peut être aussi constatée chez l'homme en plaçant le circuit galvanométrique par un vase rempli d'eau dans lequel on plonge dans le liquide un doigt de chaque main, l'aiguille du galvanomètre n'indique aucun courant, les courants induits dans chaque bras du tronc vers le doigt se détruisant réciproquement; si alors on contracte les muscles d'un bras, l'aiguille se dévie et indique un courant qui va dans ce bras du bras à l'épaule. (Du Bois-Reymond.)

Cette variation négative se produit d'abord au point excité du nerf, elle précède la contraction, et sa durée totale est d'en-

3^e Théories des courants musculaires

La théorie des phénomènes électriques qui se passent dans les nerfs et dans les muscles, soit à l'état de repos, soit d'activité, laisse encore beaucoup à désirer, et il est difficile de donner une idée générale des principales opinions sur ce sujet sans entrer dans la discussion de ces opinions.

1^{re} *Théories chimiques.* — Liebig émit un des premiers courants musculaires était dû à la réaction différente du tissu musculaire acide, et cette idée de l'origine chimique des courants électriques a été soutenue et généralisée par du Roux et Ranke, en particulier, a cherché, en se basant sur les faits anatomiques se comportent avec le courant, à déterminer la réaction de ces éléments, il a vu que le tissu musculaire était acide par rapport au contenu cellulaire, et même de la fibre-axe du nerf par rapport à la moelle épinière, substance intermédiaire du muscle, par rapport aux nerfs, il considère tous ces éléments anatomiques comme des sources électro-motrices et l'origine incessante de courants électriques dans l'intérieur de l'organisme. Mais c'est surtout dans ses remarquables recherches sur les phénomènes électro-chimiques, a, grâce à ses observations et à ses expériences, fait entrer dans une voie nouvelle l'étude des phénomènes électriques dans les organismes vivants. E. Becquerel a démontré que les courants électriques sont produits par la réaction chimique.

Le comme acide, est le pôle négatif, la paroi opposée le pôle positif. Les parois des espaces capillaires se comportent comme des conducteurs solides. Il existe donc dans le corps un nombre incalculable d'électro-capillaires qui donnent naissance incessamment à des courants électriques qui ne disparaissent qu'après la mort. Ces courants expliquent non-seulement les courants musculaire et nerveux des os (découverts par K. Becquerel), etc., mais encore les phénomènes intimes qui se passent dans les capillaires et dans les tissus, dans les capillaires des tissus et de la paroi capillaire. Le contact avec le sang est le pôle négatif. Dans les capillaires dissous, le pôle positif d'un courant électro-capillaire agissant comme force mécanique externe positive en dehors du capillaire produit dans les tissus rentre dans le capillaire agissant comme force mécanique interne dissous. Dans les capillaires dissous, se trouve, en effet, non en contact avec l'électricité des parois capillaires. L'oxygène qui entre dans les capillaires est expulsé.

Théorie de Du Bois-Reymond. — Si l'on prend un cylindre de métal divisé par deux surfaces de cuivre et qu'on le plonge dans l'eau (conducteur), il se forme une infinité de courants isolés qui vont du zinc au cuivre et dont on peut dériver une partie en reliant une des extrémités d'un conducteur sur le zinc, l'autre sur le cuivre; on voit alors, si on interpose un galvanomètre dans le circuit, que la surface du zinc est électrisée positivement, celle du cuivre négativement, et on a une disposition analogue à celle du cylindre bimétallique. Du Bois-Reymond suppose que chaque fibre musculaire (ou nerveuse) se compose d'une infinité de petits éléments moteurs, analogues au cylindre zinc-cuivre précédent, c'est-à-dire une zone équatoriale positive et deux zones polaires négatives plongées dans une substance intermédiaire conductrice. La disposition de ces éléments électro-moteurs dans une fibre musculaire peut être représentée schématiquement de la façon suivante :

— + — — + — — + — — + —

Ces rapports ne changent pas si on suppose chacun de ces éléments moteurs divisé en deux molécules dipolaires dont les pôles seraient tournés l'un vers l'autre, et qui offriraient alors l'arrangement suivant :

— + + — — + + — — + + —

La figure 179 peut représenter dans ce cas la disposition des molécules dipolaires dans le muscle; les flèches indiquent la direction



Fig. 179. — Disposition des molécules dipolaires dans le muscle.

courants dans la substance intermédiaire conductrice. On voit quand on dérive un courant en plaçant les deux extrémités du conducteur sur le muscle ou sur le nerf, le courant ainsi détourné présente qu'une petite partie des courants totaux développés dans l'ensemble du système, et que par conséquent le courant dérivé est beaucoup plus intense que ne l'indique la déviation de la galvanométrique.

3^e *Théorie d'Hermann.* — Hermann nie absolument l'existence des courants musculaires et nerveux à l'état de repos, ces courants, près lui, n'existeraient pas chez l'animal intact, et seraient des causes chimiques dépendant du mode de préparation.

Voir aussi : *Action de l'électricité sur l'organisme.*

Bibliographie. — MATTEUCCI : *Traité des phénomènes électro-physiologiques*, 1841 — E. DE BOIS REYMOND : *Untersuchungen über thierische Electricität*, 1848-1849 — CHATVILLAT : *Théorie des effets physiologiques de l'électricité* — *Journal de physiologie*, 1859-1860 — I. HERMANN : *Wissenschaften zur Physiologie der Muskeln und Nerven*, 1867. — *Recherches sur les courants électro-capillaires*, (compte des expériences de M. BREGNIER, *L'Anatomie*, 1870.) — Voir aussi les *Traité de physique médicale*.

ARTICLE TROISIÈME. — PHYSIOLOGIE DE L'ENNERVEMENT.

1. — PHYSIOLOGIE DES SENSATIONS.

1^o AUDITION.

La sensation auditive est une sensation spéciale qui est produite pour cause d'une excitation des nerfs auditifs par la vibration des corps sonores. L'étude des vibrations sonores et de leur transmission a été faite au début du chapitre de la Physique de la voix; nous aurons donc à étudier : 1^o la transmission des vibrations sonores depuis les parties extérieures de l'oreille jusqu'au nerf auditif; 2^o la sensation auditive proprement dite.

— TRANSMISSION DES VIBRATIONS SONORES
JUSQU'AU NERF AUDITIF.

du point de vue physiologique, l'appareil auditif peut être représenté schématiquement de la façon suivante (fig. 180). En allant de l'extérieur à l'intérieur, on trouve les parties suivantes :

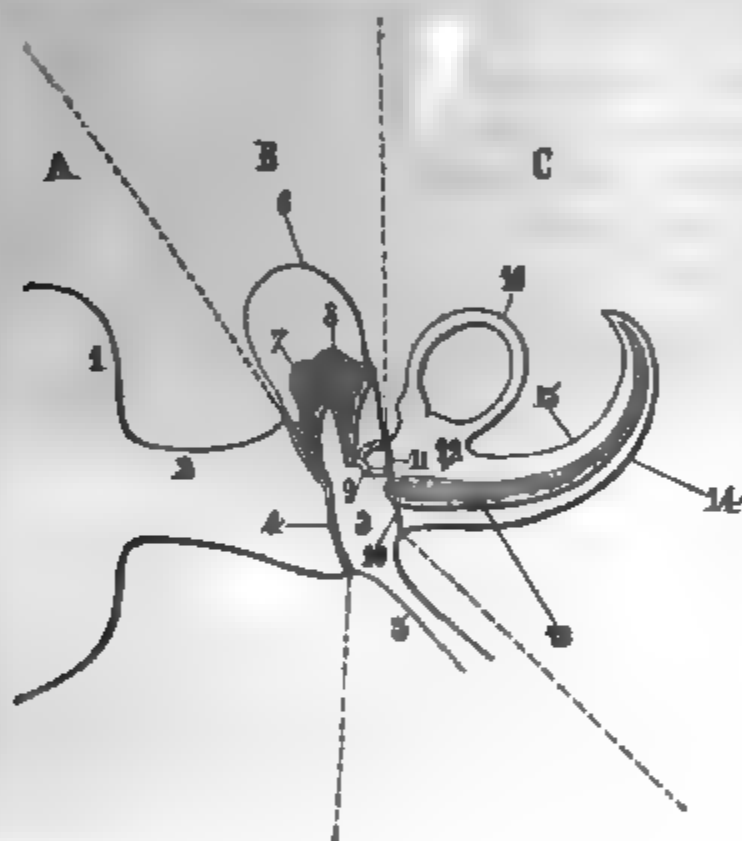


Fig. 180. — Schéma de l'appareil auditif.

1^o l'oreille externe (A) formée par le pavillon de l'oreille (1) et le conduit auditif externe (2) ; 2^o l'oreille moyenne (B) constitue une cavité remplie d'air, la caisse du tympan (3), communiquant avec l'air extérieur par la trompe d'Eustache (5) et avec une cavité accessoire, les cellules mastoïdiennes (6) ; la caisse du tympan est séparée du conduit auditif par une membrane du tympan (4), et des cavités de l'oreille interne (C).

— A, oreille externe. — B, oreille moyenne. — C, oreille interne. — 1, pavillon de l'oreille. — 2, conduit auditif externe. — 3, caisse du tympan. — 4, membrane du tympan. — 5, trompe d'Eustache. — 6, cellules mastoïdiennes. — 7, marteau. — 8, enclume. — 9, fenêtre ovale. — 10, fenêtre ronde. — 11, fenêtre ovale. — 12, vestibule. — 13, limaçon. — 14, canal semi-circulaire. — 15, rampe vestibulaire. — 16, canal demi-circulaire.

L'ensemble de ces organes constitue un petit tibia d'éprouver des vibrations moléculaires et d'ensemble sous l'influence des oscillations des c

Le son propre de l'oreille, d'après Helmholtz, correspondant à 244 vibrations; c'est le son qu'on perçoit à la percussion de l'apophyse mastoïde.

1° *Transmission des vibrations dans l'oreille externe.*

Les vibrations sonores arrivent en premier lieu à l'oreille. Une partie de ces ondes sonores est réfléchie; une autre partie subit une série de réflexions et se dirige vers le conduit auditif; presque toutes celles qui se réfléchissent dans la conque sont réfléchies contre la face interne et renvoyées dans le conduit auditif; la conque agit comme un miroir concave qui concentrerait les ondes sonores au même point que le pavillon fait que, suivant une partie plus ou moins considérable des ondes sonores qui entrent dans le conduit auditif, ce qui nous permet de juger de l'intensité et de la direction du son. L'agrandissement du conduit auditif par la contraction des muscles du tragus et de l'auricule permet d'entrer dans le conduit auditif une plus grande quantité d'ondes sonores; son rétrécissement par les muscles du tragus a l'effet inverse. Les renflements du pavillon ne peuvent

en laissant libre l'orifice externe du conduit auditif, l'intensité des sons est affaiblie et il devient plus difficile de juger de direction. (Schneider.)

Or que les ondes sonores puissent pénétrer *par réflexion* dans le conduit auditif externe, il faut que le corps ou la surface réfléchissante quelconque qui renvoie ses sons à l'oreille, soient situés dans une certaine position-par rapport au pavillon. C'est ce que fait comprendre la figure 181 qui

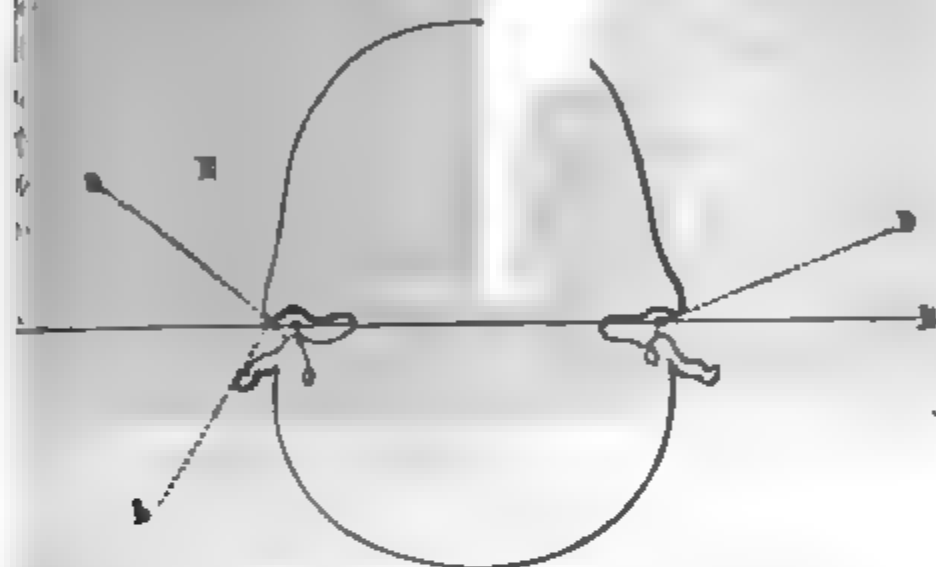


Fig. 181. — Coupe horizontale de la tête au niveau du conduit auditif externe.

monte schématiquement une coupe horizontale de la tête au niveau de l'oreille externe.

On voit, par exemple, que les vibrations parties d'un corps en E ne pourront arriver dans le conduit auditif, à moins que les vibrations ne soient réfléchies d'abord par une autre surface dans une direction donnée. Si nous représentons par les lignes *a* et *b* les rayons sonores extrêmes qui puissent pénétrer dans le conduit auditif, l'angle intercepté par ces lignes pourra être appelé *champ auditif*, par comparaison avec le champ visuel. Cet angle variera évidemment suivant que la coupe de l'oreille externe sera verticale ou transversale, suivant que la coupe sagittale sera faite à telle ou telle hauteur; le champ auditif variera en outre suivant les différences individuelles. L'ensemble des rayons sonores susceptibles de pénétrer ainsi par réflexion dans le conduit auditif formera donc un *faisceau sonore* dont la forme sera déterminée par la forme même de la conque et du pavillon, tout comme la pupille détermine la forme du fais-

ceau lumineux qui pénètre dans l'œil. Parmi ces rayons, il en est qui arrivent jusqu'à la membrane du tympan sans éprouver de réflexion préalable (*). Si on mène par les centres O des orifices des deux conduits auditifs la ligne AB, on a ce qu'on peut appeler l'axe auditif, les rayons sonores qui suivent cet axe auditif arrivent directement jusqu'au tympan. Les lignes extrêmes du faisceau sonore, a b, coupent cet axe auditif en dehors du point O et à des distances variables. On peut appeler *ligne auditive* DO la ligne menée du centre sonore D au centre O, et *angle auditif* l'angle DOB que fait la ligne auditive avec l'axe auditif. On a ainsi un moyen de déterminer rigoureusement, dans les expériences physiologiques ou pathologiques, la position du corps sonore et la direction des vibrations. Plus la ligne auditive se rapproche de l'axe auditif, plus l'angle auditif diminue, plus les sons sont perçus avec netteté, les vibrations ne perdant pas de leur amplitude dans une série de réflexions successives.

Dans le *conduit auditif externe*, les ondes sonores subissent une série de réflexions qui les conduisent jusqu'au fond de la membrane du tympan. Grâce à l'obliquité de cette membrane et à sa courbure, la plupart de ces ondes viennent la frapper presque perpendiculairement.

Une partie des ondes sonores qui arrivent au fond du conduit auditif sont réfléchies par la membrane du tympan et renvoyées à l'extérieur; cette réflexion est d'autant plus forte que la membrane est plus tendue et plus oblique.

2° *Transmission des vibrations sonores dans l'oreille moyenne.*

L'oreille moyenne est constituée essentiellement par une cavité dont les parois sont invariables, à l'exception de la membrane du tympan, de la membrane de la fenêtre ronde et de la membrane qui obture la fenêtre ovale. Cette cavité communique avec l'extérieur par la trompe d'Eustache, dont la partie cartilagineuse est habituellement fermée; forme une espèce de soupape qui

(*) D'après certains auteurs, tous les rayons subiraient au moins une réflexion préalable avant de pénétrer jusqu'au tympan.

l'air, tantôt de dehors en dedans pour laisser passer l'air de l'extérieur dans la caisse, tantôt de dedans en dehors quand la pression de l'air augmente dans la caisse. Chaque mouvement de glissement (et il s'en produit à chaque instant pour avaler la nourriture) ouvre la trompe et maintient l'air de la caisse en équilibre de pression avec l'air extérieur; la tension de la membrane du tympan reste par suite indépendante des variations de la pression atmosphérique, à moins que ces variations ne se fassent trop rapidement ou dans des limites trop étendues (cloche à plongeurs, ascensions aérostatiques). Quand la trompe d'Eustache s'obstrue, l'audition se trouble et s'affaiblit (*).

La membrane du tympan est susceptible de vibrer sous l'influence des vibrations de l'air du conduit auditif. L'existence de ces vibrations a été démontrée expérimentalement; Politzer a pu transmettre directement les vibrations de la columelle (os tympanal) du canard. Ces vibrations se produisent pour tous les sons dans l'intervalle des sons perceptibles, et le tympan s'écarte de ce rapport des membranes ordinaires qui n'entrent en vibration que pour un son déterminé d'accord avec leur son propre ou un multiple de ce son. D'une manière générale, elle vibre plus facilement en vibration pour les sons aigus que pour les sons graves; mais ce qui joue sous ce rapport le rôle le plus important, ce sont : 1° la disposition anatomique; 2° les différences de tension de cette membrane.

La membrane du tympan est non-seulement fixée au cercle annulaire, mais elle adhère au manche du marteau dont elle partage les mouvements; il y a là une disposition anatomique qui surmontant les obstacles, affaiblit les vibrations par influence, d'autant plus que ces vibrations se rapprochent des vibrations propres de la membrane. Il en est de même pour les vibrations consécutives qui, sans cela, prolongeraient le son. La tension de la membrane du tympan peut varier par deux sortes de causes : 1° par les différences de pression de l'air de l'intérieur et de l'air extérieur; cette cause n'agit qu'accidentellement (inspirations forcées, etc.) ou à l'état pathologique; 2° par le muscle musculaire; c'est le *muscle du marteau* qui est le *tenseur du tympan*; par sa contraction il tire en dedans le manche du

adé, sans preuves suffisantes, que la trompe servait surtout à propre voix.

marteau et tend la membrane qui suit le mouvement. La contraction du muscle du marteau est volontaire chez les individus, mais habituellement elle est inconsciente et moins qu'elle ne s'associe à une contraction énergique des masticateurs, dont elle constitue un phénomène. Cette contraction s'accompagne d'une crépitation de cretense (*). Quand la contraction du muscle du marteau diminue, la membrane revient à sa position d'équilibre élastique propre et par celle de la chaîne des osselets du muscle de l'étrier est trop hypothétique pour y insister.

Les variations de tension de la membrane du tympan se font de deux façons : 1° elles font varier le son propre de la membrane de façon que celle-ci entre plus facilement en vibration pour un son d'une hauteur donnée; elle se tend dans les sons aigus et se détend dans les sons graves; 2° cette membrane agit comme un étouffoir ou comme sourdine. À mesure que sa tension augmente, elle affaiblit l'intensité des vibrations, surtout pour les sons aigus.

Transmission des vibrations de la membrane du tympan au labyrinthe — Les vibrations du tympan se transmettent d'une part à l'air de la caisse, de l'autre aux osselets et par ces deux voies au liquide du labyrinthe.

a) La transmission par l'air de la caisse est importante, mais c'est la voie la moins importante. L'air de la caisse entre en vibrations, et ces vibrations se transmettent à la membrane de la fenêtre ronde et par elle au limaçon.

b) La transmission par la chaîne des osselets est de la plus importante. Ces osselets, qui forment de la membrane du tympan à la fenêtre ovale une chaîne continue, articulaire, vibrent comme un tout à cause de la petite surface et ces vibrations, comme celles du tympan, ne peuvent être transversales. Les inflexions de cette chaîne des osselets, les articulations, le passage subit des parties dures à molles, la gaine muqueuse qui enveloppe les osselets, les conditions anatomiques qui doivent diminuer la

(*) On a attribué cette crépitation à la tension brusque de la membrane du tympan, qu'on peut produire facilement en se bouchant les narines et faisant une forte expiration (recherche de Valsalva). Mais ce bruit est différent de cette crépitation. Elle paraît provenir de la trompe d'Eustache par la contraction simultanée du muscle de l'étrier et du muscle de la trompe.

transmission des vibrations dans l'intérieur de la chaîne des osselets, sans entraver leur vibration totale. En outre, ces osselets ont une certaine mobilité les uns sur les autres, et, comme le tympan, l'action musculaire peut augmenter ou diminuer la mobilité et la rigidité de ce petit système vibrant.

Les vibrations de la membrane du tympan se transmettent au manche du marteau et par cet os aux autres osselets de la façon

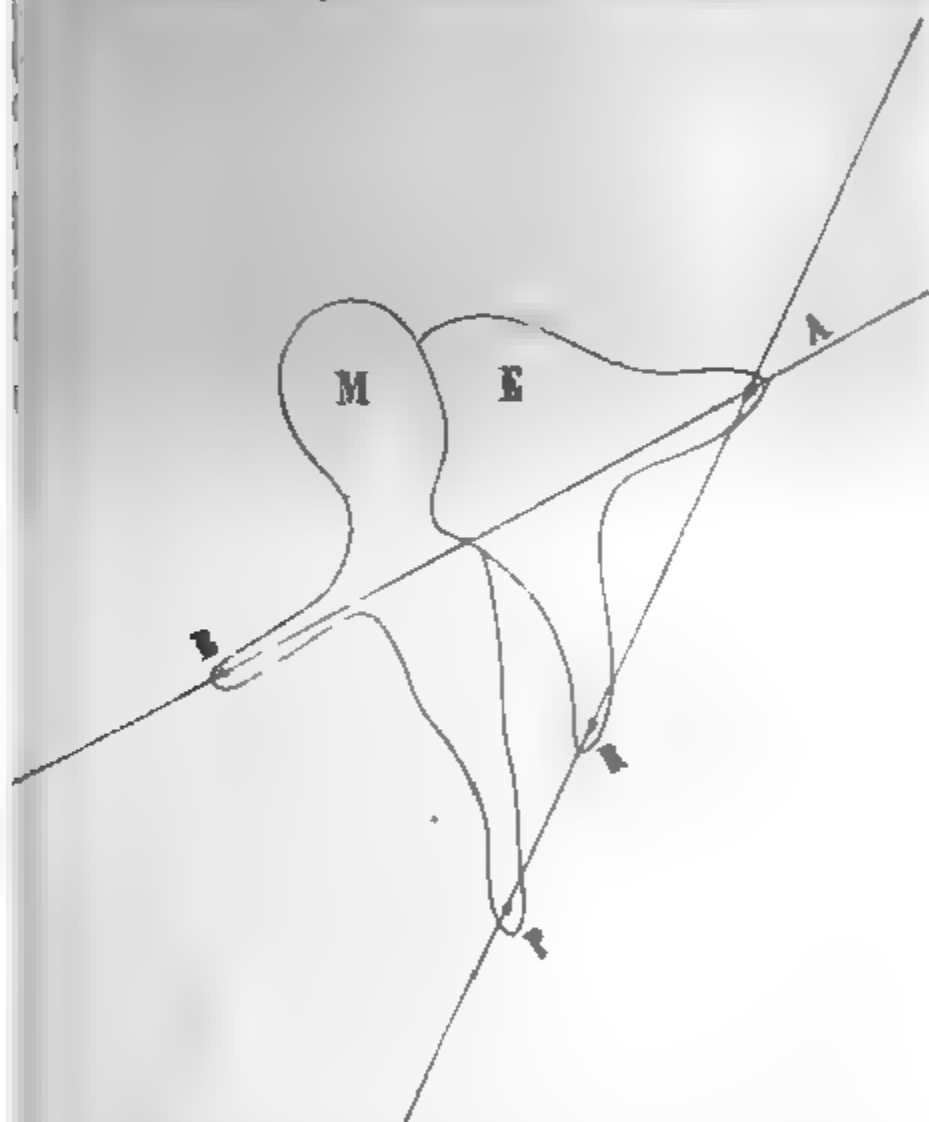


Fig. 162. — Mouvements du marteau et de l'enclume. (Voir page 740.)

De : toutes les fois que le manche du marteau se porte en dedans, la branche de l'enclume en fait autant et pousse l'étrier à la fenêtre ovale; donc, à chaque mouvement en dedans du marteau correspond un véritable coup de piston de l'étrier qui comprime le liquide du vestibule, et chaque oscillation de la

M, marteau. — E, enclume. — A, courte branche de l'enclume. — B, longue branche de l'enclume. — P, manche de marteau. — AB, axe des mouvements des osselets.

membrane amène un mouvement de va-et-vient de l'enclume sur la fenêtre ovale. Il est possible que le muscle de l'enclume diminue l'amplitude de l'excursion des mouvements de l'enclume dans la fenêtre ovale.

A cause de la plus faible longueur de la longue branche de l'enclume, la vitesse du mouvement et l'excursion de l'extrémité de cette branche sont plus petites que celles de l'extrémité du manche du marteau, mais ce qui se perd en vitesse est regagné en puissance. En effet, soit *fig.* 182, page 739. M le marteau. E l'enclume. A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z, sont sur une même ligne et peuvent être considérés comme formant un levier du deuxième genre, ayant son point d'appui en A, sa puissance en P, sa résistance en R à l'étrier, la longueur du bras de levier de la puissance est de 9 millimètres environ, celle du bras de levier de la résistance est de 6 millimètres, la force avec laquelle la longue branche de l'enclume pressera sur l'étrier sera égale à 1,5, la puissance P étant égale à l'unité.

L'appareil suivant de J. Müller représente ces deux modes de transmission. Un cylindre de verre, *a* (*fig.* 183), est fermé à sa partie supérieure rétrécie en col par un tube, *b*, qui il y a le conduit auditif externe et est obturé par une membrane, *c* (membrane du tympan). L'autre ouverture du cylindre est fermée par une plaque de liège, *d*, percée de deux trous par lesquels passent deux tubes obturés par des membranes, *e* et *f*. Une petite lige de bois, *g*, représentant la chaîne des osselets, va de la membrane du tympan *c* à la membrane *f* (fenêtre ovale), *e* représente la fenêtre ronde, la partie *d* du cylindre plonge dans l'eau et on produit un son dans le tube *b* auquel est adapté un sifflet de laiton. Le son se transmet jusque dans l'eau et en plaçant dans cette eau, alternativement près de *e* et près de *f*, un conducteur qui se rend à l'oreille de l'expérimentateur (l'autre oreille étant bouchée) il est facile de constater que les sons qui arrivent en *e* et en *f*, ont une intensité des sons qui arrivent par l'air du cylindre à la membrane *c* ont beaucoup moins d'intensité.



Fig. 183.
Appareil pour l'étude de la transmission du son.

3° *Transmission des vibrations sonores dans l'oreille interne.*

Les vibrations sonores peuvent arriver à l'eau du labyrinthe par trois voies différentes : 1° par les parois osseuses du labyrinthe; 2° par l'air de la caisse et la fenêtre ronde; 3° par l'étrier et la fenêtre ovale; ce dernier mode est le mode de transmission ordinaire.

Transmission par les parois osseuses du labyrinthe. — Ce mode de transmission a lieu dans plusieurs cas : quand le corps est plongé sous l'eau, quand le corps vibrant (exemple : un diapason) est placé directement en contact avec les parois du crâne. C'est encore ce qui a lieu quand on entend sa propre voix; dans ce cas, les vibrations de l'air de la bouche et des fosses nasales se transmettent aux parois du crâne; la transmission des vibrations suit alors une marche inverse de celle qui a lieu à l'état normal, et une certaine partie des vibrations se perd par l'organe auditif; si on se bouche les oreilles, on entend mieux sa propre voix. Si on fait vibrer un diapason et qu'on tienne sa tige entre les dents, il arrive un moment où les sons sont trop faibles et ne sont plus entendus par l'oreille; qu'on se bouche les oreilles, les sons s'entendent de nouveau.

Quand ces vibrations osseuses du labyrinthe sont produites par les mouvements des parties avoisinantes, pulsations artérielles, contractions musculaires, etc., elles donnent lieu à des sensations auditives particulières (bruissements, bourdonnements, sifflements, etc.), auxquelles on a donné le nom de sensations *entotiques*.

Transmission par la membrane de la fenêtre ronde. — On a constaté expérimentalement, en ajustant un petit manomètre au labyrinthe, que les variations de pression de l'air dans l'organe auditif et de la caisse amenaient des variations de pression correspondantes dans le labyrinthe. Il peut donc y avoir transmission des vibrations par l'air de la caisse à la membrane de la fenêtre ronde, et par cette membrane au liquide du labyrinthe; mais ce mode de transmission est tout à fait secondaire.

Transmission par la chaîne des osselets. — Toutes les fois que l'étrier s'enfonce dans la fenêtre ovale, la pression augmente dans le labyrinthe et comme la seule partie mobile de la paroi

comme il survient successivement de nouvelles vibrations par la fenêtre ovale et de nouvelles réflexions par la fenêtre ronde, il en résulte des vibrations stationnaires d'une corde fixée par les deux bouts, et vibrations correspondantes dans la rampe moyenne de l'organe de Corti et les terminaisons du nerf du limaçon.

Les coups de piston de l'étrier ne déterminent pas la production d'une ondulation dans le limaçon. Ils s'ouvrent en outre les cinq orifices des conduits. Une partie de l'ondulation se partage donc en cinq courants qui s'engagent dans ces canaux; si ce même diamètre à leurs deux orifices, les vibrations en sens inverse s'annuleraient, mais en réalité il n'est encore réduit à des hypothèses sur le rôle des courants circulaires. (Voir : *Centres nerveux*.)

2. — DE LA SENSATION AUDITIVE

Pour qu'il y ait excitation du nerf auditif et perception auditive, il faut certaines conditions : 1° les vibrations doivent avoir une certaine amplitude; trop faibles, elles ne touchent pas l'organe de l'ouïe; 2° elles doivent avoir une certaine durée; au-dessus ou au-dessous d'un certain nombre de vibrations par seconde, les sons ne sont plus perceptibles. Elles varient elles-mêmes avec les individus; ainsi, ce

Les sensations auditives se divisent en deux catégories : les sons musicaux et les bruits. Physiquement, les sons correspondent à des vibrations périodiques et régulières, les bruits à des vibrations non régulières et non périodiques, ou à des chocs instantanés. Physiologiquement, la sensation du son musical est une sensation simple de nature régulière; la sensation du bruit représente une sensation complexe et irrégulière. Comme les bruits sont en définitive la résultante de plusieurs sons musicaux irrégulièrement mélangés, nous ne nous occuperons que des premiers.

Caractères physiques de la sensation auditive.

Les caractères sont au nombre de trois : l'intensité, la hauteur et le timbre :

Intensité du son. — L'intensité dépend de l'amplitude des vibrations. Il n'y a guère de mesure fixe de cette intensité; nous l'apprécions que relativement et comparativement avec d'autres sons; nous disons alors que tel son est fort ou faible. Il faut noter sous le rapport de l'appréciation de l'intensité du son, des différences individuelles très-grandes; cette appréciation varie notablement chez le même individu; en général on entend mieux de l'oreille gauche que de l'oreille droite. On a vu plus haut l'influence de la tension de la membrane du tympan sur l'intensité du son.

Hauteur du son. — La hauteur du son dépend du nombre de vibrations. L'oreille apprécie sûrement, non pas précisément la hauteur absolue d'un son, mais sa hauteur relative par rapport à un autre son; un son est plus grave qu'un autre quand il fait moins de vibrations par seconde, plus aigu quand il en fait plus. En dehors et au delà de certaines limites, l'appréciation de la hauteur du son n'est plus possible; ces limites sont, pour les sons graves, environ 16 vibrations par seconde, pour les sons aigus 4,500 vibrations par seconde. Si les nombres de vibrations sont trop rapprochés, la notion de hauteur n'impressionne plus l'oreille; mais il y a, sous ce rapport, de grandes différences individuelles; certaines personnes discernent une différence de $\frac{1}{1,000}$ dans le nombre de vibrations de deux sons, une oreille musicale distingue nettement des différences de $\frac{1}{1,000}$. C'est sur cette propriété de l'o-

Applications à l'art musical. — Au point de vue physiologique, peut résumer de la façon suivante les principes musicaux en ce qui concerne la hauteur des sons.

On appelle *intervalle* de deux sons le rapport du nombre de vibrations de ces deux sons ; ainsi, si l'un des sons fait 300 vibrations seconde, l'autre 200, l'intervalle sera représenté par $\frac{300}{200}$ ou $\frac{3}{2}$. Certains intervalles sont représentés par des rapports numériques très-simples : $\frac{2}{1}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{5}{4}$, etc. ; d'autres, par des rapports numériques plus compliqués. Les intervalles dont les rapports numériques sont les plus simples sont aussi ceux que l'oreille accepte le plus facilement, entend avec le plus de plaisir et que la voix humaine émet instinctivement.

Le rapport le plus simple est le rapport de l'intervalle $\frac{2}{1}$; cet intervalle a reçu le nom d'*octave* ; le son le plus aigu fait un nombre de vibrations double du son grave ; on dit alors que le premier est à l'octave du second. Le tableau suivant donne les principaux intervalles les plus petits qu'une octave :

Intervalles.	Rapport.	Nombre de vibrations du son aigu.	Nombre de vibrations du son grave.
Quinte.	2 : 3	3	2
Quarte.	3 : 4	4	3
Tierce majeure	4 : 5	5	4
Tierce mineure. . . .	5 : 6	6	5
Sixte mineure	5 : 8	8	5
Sixte majeure	3 : 5	5	3

En élevant d'une octave le son fondamental d'un intervalle, on obtient l'intervalles renversé ; ainsi, une quarte est une quinte renversée. On obtient le rapport de vibrations de l'intervalle renversé en doublant le plus petit nombre de l'intervalle primitif. Le tableau suivant donne les intervalles renversés correspondant aux intervalles simples cités plus haut :

Intervalles simples.	Rapport.	Intervalles renversés.	Rapport.
Quinte.	2 : 3	Quarte.	3 : 4
Quarte.	3 : 4	Quinte.	4 : 6 ou 2 : 3
Tierce majeure	4 : 5	Sixte mineure	5 : 8
Tierce mineure	5 : 6	Sixte majeure	6 : 10 ou 3 : 5
Sixte mineure	5 : 8	Tierce majeure. . . .	8 : 10 ou 4 : 5
Sixte majeure	3 : 5	Tierce mineure. . . .	5 : 6

C'est en se servant des intervalles les plus simples, la quinte, la quarte et la tierce, qu'on a formé la *gamme*, en intercalant dans l'intervalle

clavier une série de sons ou *notes*, séparés l'un de l'autre par des intervalles déterminés.

Les notes de la gamme sont au nombre de 7, qui portent les noms *ut* (ou *do*), *ré*, *mi*, *fa*, *sol*, *la*, *si*. Ces notes sont dans le rapport de vibrations avec la note fondamentale ou *tonique* *do* :

do, ré, mi, fa, sol, la, si, do.
1 $\frac{2}{1}$ $\frac{3}{1}$ $\frac{4}{1}$ $\frac{5}{1}$ $\frac{6}{1}$ $\frac{7}{1}$ 2

Ce qu'on appelle la *gamme majeure* ; dans cette gamme, les intervalles entre deux notes consécutives sont les suivants :

ré, mi, fa, sol, la, si, do.
 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{5}$ $\frac{1}{6}$ $\frac{1}{7}$

l'intervalle $\frac{1}{2}$ (do-ré ; fa-sol ; la-si) s'appelle *ton majeur* ; l'intervalle $\frac{1}{3}$ (sol-la) *ton mineur* ; l'intervalle $\frac{1}{4}$ (mi-fa ; si-do) est le *demi-ton*, la différence entre le ton majeur et le ton mineur ou le *chroma* est représentée par la fraction $\frac{1}{12}$; c'est à peu près le *cinquième* de ton. Dans la gamme majeure, les intervalles se succèdent dans l'ordre suivant : un ton majeur, un ton mineur, un demi-ton majeur ; un ton mineur, un ton majeur, un demi-ton majeur.

On peut prendre pour *tonique* un quelconque des sons musicaux, et soit son nombre de vibrations, et obtenir ainsi autant de gammes qu'il y a de sons musicaux différents. Ainsi on peut communément la gamme par *ré*, *mi*, *fa*, etc., mais la seule condition pour l'oreille est que les nombres de vibrations des différentes notes de la gamme soient toujours dans les mêmes rapports avec le nombre de vibrations de la tonique.

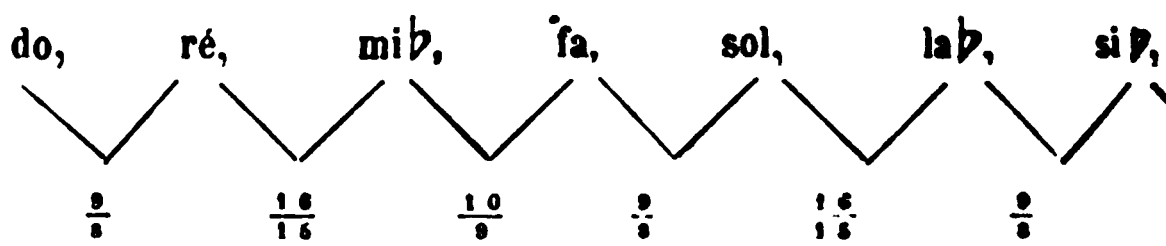
Généralement, on est convenu de partager l'échelle des sons musicaux en un certain nombre d'octaves en prenant pour tonique de l'octave la plus basse le son qui correspond à 33 vibrations par seconde. On a le tableau des vibrations de chacune des notes de l'octave supérieure en multipliant successivement le nombre des vibrations de chaque note, et on obtient le tableau suivant :

Contre-octave.	Grande octave.	Petite octave.	Octave seconde.	Octave tierce.	Octave quart.	Octave quinte.
33	66	132	264	396	528	660
37,125	74,25	148,5	297	445,5	594	742,5
41,25	82,5	165	330	495	660	825
44	88	176	352	528	696	880
49,5	99	198	396	594	792	990
55	110	220	440	660	880	1100
61,875	123,75	247,5	495	742,5	990	1237,5

Outre la gamme majeure, la musique moderne emploie encore la *mineure*, composée aussi de sept notes, mais dont les rapports de tions entre elles et avec la tonique différent des rapports de la majeure. On l'écrit de la façon suivante en prenant *do* pour la tonique : *do, ré, mi♭, fa, sol, la♭, si♭* ; le signe *♭* (*bémol*) placé après une note indique que cette note est baissée d'un demi-ton ; dans cette gamme le rapport du nombre de vibrations de chaque note par rapport à la tonique est le suivant :

$$\begin{array}{ccccccc} \text{do,} & \text{ré,} & \text{mi} \flat, & \text{fa,} & \text{sol,} & \text{la} \flat, & \text{si} \flat, & \text{do,} \\ 1 & \frac{9}{8} & \frac{6}{5} & \frac{4}{3} & \frac{3}{2} & \frac{8}{3} & \frac{5}{4} & 2 \end{array}$$

et les intervalles entre deux notes consécutives sont les suivants :



Les intervalles se succèdent donc dans l'ordre suivant : un ton majeur, un demi-ton, un ton mineur, un ton majeur, un demi-ton majeur, un ton mineur.

On a vu plus haut que la tonique de la gamme (majeure ou mineure) peut être placée indifféremment sur telle ou telle note. Il en résulte qu'on peut prendre successivement comme tonique les divers degrés de la gamme ; on a alors les gammes ou les *tons* de *ré*, de *mi*, etc. Si l'on prend la gamme de *mi*, par exemple, on voit que sa tonique est la note, le *fa*, ne correspond plus au même nombre de vibrations que le *fa* de la gamme de *do* majeur ; en effet, elle fait 46,4 vibrations par seconde, tandis que ce dernier en a 44 dans la contre-octave. En continuant ainsi successivement toutes les gammes, on arrive à une multiplicité de notes que la pratique des instruments de musique trouve inabordable par sa complication. Il n'y a, pour s'en rendre compte, qu'à jeter les yeux sur le tableau suivant qui montre le nombre de vibrations des notes de la gamme dans la contre-octave des gammes majeures et mineures :

Gammes majeures.

	Do.	Ré.	Mi.	Fa.	Sol.	La.
<i>Do</i> majeur.	33	37,125	41,25	44	49,5	55
<i>Ré</i> majeur.	34,8	37,125	41,76	46,405	49,5	55,68
<i>Mi</i> majeur.	34,375	38,67	41,25	46,404	51,55	55
<i>Fa</i> majeur.	33	36,65	41,25	44	49,5	55
<i>Sol</i> majeur.	33	37,125	41,25	46,35	49,5	55,62
<i>La</i> majeur.	34,375	36,66	41,25	45,875	51,56	55
<i>Si</i> majeur..	34,8	38,67	41,25	46,4	51,56	55

Gammas mineures.

Do.	Ré.	Mi \flat .	Fa.	Sol.	La \flat .	Si \flat .
33	37,125	39,6	44	49,5	52,8	59,4
33,41	37,125	41,76	44,55	49,5	55,686	59,4
33,68	35,64	39,6	44,55	47,52	52,8	59,4
33	35,2	39,6	44	49,5	52,8	58,64
33	37,125	39,6	44,55	49,5	55,62	59,4
33,68	35,2	39,6	42,24	47,52	52,8	59,4
33,41	35,64	39,6	44,55	47,52	53,46	59,4

Il avait des gammes du second degré en prenant encore toutes les notes de ces différentes gammes et ainsi de suite, il multipliait ainsi presque à l'infini le nombre des notes. Cette confusion qui en résulterait et rendre les instruments qui est convenu d'admettre ce qu'on a appelé le *tempérament égal* est basé sur ce fait dont il a été parlé plus haut : la difficulté que l'oreille éprouve à discerner la différence de deux sons très-voisins l'un de l'autre et la faculté qu'elle a de percevoir deux sons dont les nombres de vibrations se rapprochent. On divise l'octave en douze demi-tons ou intervalles égaux et on a la *gamme chromatique* composée des notes suivantes :

Do (ré \sharp) mi, fa (fa \sharp) sol (sol \sharp) la (la \sharp) si, do.

Le dièse (dièse) hausse la note d'un demi-ton. Dans cette gamme, tempérée par comparaison avec la gamme naturelle, la distinction majeure ($\frac{9}{8}$) et du ton mineur ($\frac{8}{9}$), séparés par l'intervalle ($\frac{1}{9}$), disparaît. La succession des tons et des demi-tons gammes majeures et mineures peut être représentée

par : 1 ton 1 ton $\frac{1}{2}$ ton 1 ton 1 ton 1 ton $\frac{1}{2}$ ton
ou : 1 ton $\frac{1}{2}$ ton 1 ton 1 ton $\frac{1}{2}$ ton 1 ton 1 ton

La gamme tempérée, la quinte, au lieu d'être représentée par $\frac{3}{2}$; elle est donc altérée d'une quantité inappréciable, au contraire, le sont d'une façon assez sensible.

Les instruments à sons fixes, comme le piano, l'harmonium, etc., tempérée est seule usitée ; il n'y a pas de distinction entre le ré \flat , le ré \sharp et le mi \flat , etc., et l'intervalle le plus petit adopté est le demi-ton ($\frac{1}{2}$). Sur le violon, au contraire, on peut jouer les intervalles naturels.

du son. — On a vu, dans la partie physique, que

que les sons partiels pairs. Voici les harmoniques et les nombres de vibrations des sons partiels :

	Son fondamental.			Harmoniques		
Notes	do ¹	do ²	sol ²	do ³	mi ³	sol ³
Sons partiels . . .	1 ^{er} son partiel.	2 ^e	3 ^e	4 ^e	5 ^e	6 ^e
Nombre de vibrations . .	33	66	99	132	165	198

Les premiers sons partiels se distinguent manifestement.

Certains sons dépourvus d'harmoniques près des sons partiels, mais qui ne sont plus en rapport de vibrations avec le son fondamental (exemple : le son de la flûte) ces sons partiels sont très-élevés, s'éteignent et jouent qu'un rôle accessoire en musique. Les sons complètement dépourvus de sons partiels, ont tous le caractère d'un bruit qui se rapproche du bruit produit en soufflant dans un tuyau ouvert aux deux bouts ou du timbre de la voyelle *ou* ; c'est un timbre dépourvu de mordant, comme les sons de flûte.

2° Caractères physiologiques de la sensation auditive.

Un caractère physiologique essentiel de la sensation auditive, c'est l'extériorité. Quand nous entendons un son, nous le sentons se passer à l'extérieur ; il nous paraît se passer

la membrane du tympan. Cependant cette extériorité pourrait être qu'une affaire d'habitude et non pas liée à la structure de l'oreille. Ainsi, il est souvent difficile au premier moment de distinguer les bourdonnements, ou autres sensations *locales*, de phénomènes analogues provenant du monde *extérieur*.

La *durée* de la sensation auditive ne correspond pas exactement à la durée de l'excitation (vibration sonore) qui l'a fait naître; elle la dépasse (¹). D'après les recherches de Helmholtz, on peut encore entendre distinctement jusqu'à 133 battements par seconde, mais au delà de 133 battements, la sensation devient confuse, parce que les impressions se confondent. Dans certains cas pathologiques, l'ébranlement communiqué aux extrémités nerveuses persiste longtemps encore après la vibration, on a alors des *sensations auditives consécutives*, mais leur durée est en général assez courte.

La *sensibilité* de l'oreille pour les sons de différentes hauteurs n'est pas la même, elle est ordinairement plus vive pour les sons aigus que pour les sons graves: le maximum de sensibilité de l'oreille paraît se montrer pour les nombres de vibrations comprises entre 2,800 et 3,000, région du *fa*⁴; c'est, du reste, ce qu'on observe aussi pour certains animaux. Cette sensibilité varie beaucoup d'individu à individu; des musiciens reconnaîtront des différences de hauteur de $\frac{1}{1,000}$, quand d'autres personnes se sentent à peine affectées par une différence d'un demi-ton, c'est là ce qu'on appelle la *justesse* de l'oreille. Les limites des sons graves perceptibles ne sont pas non plus les mêmes pour les différents individus.

La sensibilité de l'ouïe s'adresse non-seulement à la hauteur, mais à l'intensité et au timbre du son. Des sons très-faibles, qui échappent aux uns, seront encore perçus par d'autres (*finesse de l'ouïe*). Le timbre d'un son nous fait reconnaître immédiatement l'instrument qui le produit; nous reconnaissons une personne au timbre de sa voix.

L'*exercice* a une influence marquée sur la sensibilité de l'ouïe

¹ On prétend souvent que la sensation auditive ne dure pas plus longtemps que la vibration sonore qui la produit, mais c'est en réalité une erreur; seulement la persistance de la sensation est très-faible, et sous ce rapport la sensation auditive disparaît beaucoup plus vite que l'excitation.

et surtout sur sa justesse. Tout le monde sait à quelle on peut arriver sous ce rapport. L'*habitude* a un rôle plus important; c'est grâce à elle que les harmoniques accompagnent la plupart des sons que nous entendons inaperçus, et qu'un son *compose* nous donne une *simple*.

Les sensations auditives peuvent être le point de *réflexes*, rires, larmes, contractions musculaires, p. nerveux dont la singularité souvent exagérée a défrayé recueil à titre de curiosités scientifiques. Certaines *les* son, certains caractères de timbres agissent plus sp sur le système nerveux; mais ce sont surtout les b encore que les sons musicaux, qui sont intéressants sous ce rapport. Tout le monde a éprouvé l'effet d produit par certains grincements. Les sensations audient, sous ce rapport, immédiatement après les sensitives.

3° *Du mode d'excitation des terminaisons du nerf auditif.*

Le mode d'action des vibrations du liquide du lab les terminaisons nerveuses est encore peu connu: nous savons, c'est qu'il y a certainement un ébranlement canique, une vibration véritable des terminaisons nerveuses. Le doute commence dès qu'il s'agit de déterminer comment une vibration peut produire les divers modes de la sensation auditive.

Helmholtz, en se basant sur les phénomènes des sons, avait imaginé une hypothèse ingénieuse pour expliquer comment se produisent dans l'oreille les sensations de hauteur et de timbre. Il a vu, à propos des sons par influence, que les corps élastiques ont leur son propre correspondant à un nombre déterminé de vibrations. Un son voisin du son propre du corps se met à résonner, il vibre par influence avec d'autant plus de force que les vibrations des deux corps sont plus rapprochées. Les extrémités du nerf du limaçon aboutissent à environ 3,000 fibres élastiques, *fibres de Corti*. Helmholtz suppose que ces fibres sont chacune accordées pour un son déterminé et forment

fière correspondante à l'échelle de la gamme, soit 2,500 fibres de plus pour les sons musicaux proprement dits qui comprennent 7 notes. Cela ferait 450 fibres pour une octave, 22 1/2 par note par demi-ton. Un son simple une vibration périodique arrive à l'oreille, elle agit sur les fibres de Corti qui sont accordées pour ce nombre de vibrations. L'une d'entre elles plus que les autres, des sons de hauteur égale affectent des fibres de Corti de hauteurs différentes. Quand on joue un son simple, mais un son accompagné d'harmoniques on fait entendre il se produit d'abord qu'il y a de vibrations produites par un groupe de fibres de Corti impossible, au premier abord, que l'on ne distingue facilement de la note; mais s'il se produit un accord de deux fibres de Corti, mais celle dont le son propre est le plus voisin du son émis avec le plus d'intensité.

Les expériences de Hensen ont confirmé les vues théoriques d'Helmholtz. Les myxins (crustacés) présentent des crins auditifs extérieurs; observant au microscope pendant qu'on faisait arriver dans l'eau un son contenant les sons d'un cor, on voyait certains crins vibrer pour les notes du cor, d'autres pour d'autres.

Heureusement, des recherches récentes sont venues infirmer ces idées. Sans entrer dans les détails, il suffira de dire que l'organe de l'audition chez les oiseaux, auxquels on ne peut refuser l'appréciation des hauteurs des sons. Helmholtz a modifié son hypothèse en la faisant passer à la membrane basilaire qui sert de support aux fibres de Corti. Elle augmente de largeur de la base au sommet du limaçon, elle porterait, d'après lui, comme un système de cordes juxtaposées de longueur croissante accordées chacune pour un son déterminé. On ne se prononce encore sur la valeur de cette nouvelle hypothèse.

Audition d'un son avec les deux oreilles.

L'audition avec les deux oreilles ne paraît pas modifier la sensibilité auditive; on entend toujours un seul son et l'intensité ne varie pas si la distance du corps sonore à chaque oreille est la même. Y a-t-il là une affaire d'habitude, ou bien les fibres nerveuses de chaque oreille se correspondent-elles et aboutissent-elles à deux à un même point nerveux central? Il est difficile de trancher la question.

à 10 battements. Quand deux sons fondamentaux donnent des sons, les harmoniques en donnent également; à chaque battement son fondamental correspondent 2 battements du 2^e son partiel (monique), 3 du troisième et ainsi de suite. A mesure que la différence de hauteur de deux sons simultanés augmente, le nombre des battements augmente aussi. L'effet physiologique des battements est désagréable et communique à l'ensemble une dureté qui péniblement l'oreille; cette dureté est au maximum pour 33 battements par seconde; à mesure que ce nombre s'accroît, la sensation désagréable disparaît de plus en plus, et pour 132 battements par seconde on n'a plus qu'une sensation auditive continue.

Les mêmes intervalles présentent un nombre croissant de battements car qu'ils occupent des régions plus élevées de l'échelle musicale. Inversement, des intervalles différents peuvent, suivant qu'on les prend dans des régions différentes de la gamme, donner le même nombre de battements. Ainsi, le nombre de 33 battements est fourni par les intervalles suivants :

Seconde	Ut ²	Ré ²
Seconde augmentée.	Si ^{b1}	Ut ²
Tierce diminuée	Sol ¹	Si ^{b1}
Tierce mineure.	Mi ¹	Sol ¹
Tierce majeure.	Ut ¹	Mi ¹
Tierce augmentée.	Si ^{b1}	Ré ²
Quarte.	Sol ⁰	Ut ¹
Quinte diminuée	Mi ¹	Si ^{b1}
Quinte.	Ut ⁰	Sol ⁰
Sixte mineure.	La ⁻¹	Fa ⁰
Sixte majeure	Sol ⁰	Mi ¹
Septième diminuée.	Ut ¹	Si ^{b1}
Octave.	Ut ⁻¹	Ut ⁰

qu'ils fassent le même nombre de battements, tous ces intervalles n'ont pas la même dureté; plus l'intervalle est petit, plus sa dureté est prononcée.

La dureté d'un intervalle dépend donc de deux conditions : 1^o du nombre de battements (maximum de dureté à 33 battements), 2^o de la grandeur de l'intervalle; pour un même nombre de battements la dureté est en raison inverse de la grandeur de l'intervalle.

Le tableau suivant donne le nombre de battements des intervalles pris entre deux sons d'une octave pour les diverses octaves de l'échelle musicale.

Il est facile, d'après les lois posées ci-dessus, de trouver pour chaque intervalle la dureté correspondante.

	Ut — 1.	Ut ₀ .	Ut ₁ .	Ut ₂ .	Ut ₃ .	Ut ₄ .	Ut ₅ .	Ut ₆ .	C
Ut# . . .	1,375	2,75	5,50	11,0	22	44	88	176	1
Ré ^b . . .	3,9375	7,875	15,75	31,5	63	126	252	504	2
Ré . . .	4,125	8,25	16,50	33	66	132	264	528	3
Ré# . . .	5,5	11	22	44	88	176	352	704	4
Mi ^b . . .	6,6	13,2	26,4	52,8	105,6	211,2	422,4	844,8	5
Mi . . .	8,25	16,5	33	66	132	264	528	1056	6
Fa ^b . . .	10,3125	20,625	41,25	82,5	165	330	660	1320	7
Fa . . .	11	22	44	88	176	352	704	1408	8
Fa# . . .	13	26	52	104	208	416	832	1664	9
Sol ^b . . .	15,25	30,5	61	122	244	488	976	1952	10
Sol . . .	16,50	33	66	132	264	528	1056	2112	11
Sol# . . .	18,5625	37,125	74,25	148,5	297	594	1188	2376	12
La ^b . . .	19,625	39,25	78,5	157	314	628	1256	2512	13
La . . .	22	44	88	176	352	704	1408	2816	14
La# . . .	22,6875	45,375	90,75	181,5	363	726	1452	2904	15
Si ^b . . .	24,75	49,5	99	198	396	792	1584	3168	16
Si . . .	28,875	57,75	115,5	231	462	924	1848	3696	17
Ut . . .	33	66	132	264	528	1056	2112	4224	18

Chaque colonne verticale du tableau contient les intervalles qu'ont les différentes notes de la gamme font avec la tonique, et chaque colonne répond à une octave. On voit, par exemple, que les tierces qui se produisent très-bien dans les régions élevées présentent une certaine dureté dans les octaves inférieures. L'existence de ces battements est fondamentale pour la théorie de l'harmonie.

Des intervalles. — Quand deux sons se font entendre simultanément, non-seulement les deux sons fondamentaux, mais encore leurs harmoniques respectifs ⁽¹⁾ produisent des battements, et si ces battements sont bien marqués, la sensation est intermittente, désagréable et on appelle ce que l'on appelle une *dissonance*. Quand les battements sont trop peu marqués pour exercer une action désagréable, il y a *consonance*. Pour apprécier la consonnance ou la dissonance des intervalles, il faut donc avoir égard surtout à la coïncidence des harmoniques des deux sons qui composent l'intervalle; en effet, les harmoniques coïncidents ne peuvent donner de battements.

Le tableau suivant donne les harmoniques coïncidents pour les principaux intervalles :

Tableau des harmoniques coïncidents.

	Ut.	Ut ¹ .	Sol ¹ .	Ut ² .	Mi ² .	Sol ² .	Si ² .	Ut ³ .	R.
Octave		ut ¹		ut ²		sol ²		ut ³	
Douzième			sol ¹			sol ²			
Quinte	sol		sol ¹	ré ²		sol ²	si ²		
Quarte	fa	fa ¹		ut ²		fa ²	la ²	ut ³	
Sixte majeure	la	la ¹			mi ²		la ²		ut ³
Tierce majeure	mi	mi ¹	si ¹		mi ²	sol ²	si ²	ré ³	
Tierce mineure	mi ^b	mi ^{b1}	si ^{b1}	mi ^{b2}		sol ²			

(1) Les sons résultants peuvent faire aussi entendre des battements qui renforcent ceux des harmoniques.

mière ligne horizontale donne les sons partiels (son fondamental) de la note grave de l'intervalle ; les lignes horizontales donnent les premiers sons partiels de la note aiguë de la considérée ; les sons partiels coïncidant avec un des sons de la note grave sont *en italiques*.

Pour les harmoniques coïncidents d'un intervalle, il suffit de voir au rapport numérique de cet intervalle. Ainsi, dans la quinte second son partiel de la quinte, sol (ou ses multiples, 4, 6, coïncide avec le troisième son partiel du son fondamental ses multiples, 6, 9, et ainsi de suite.

Il, dans le tableau des harmoniques coïncidents, remplacer les chiffres indiquant le numéro d'ordre des sons partiels ; le peut alors s'appliquer à tous les intervalles mentionnés, quelles que soient les notes qui contribuent à les former. Le tableau, calqué sur le précédent, prend alors la forme suivante :

Fondamental.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 ^{re}		1		2		3		4		5
2 ^e			1			2			3	
3 ^e			2			4			6	
4 ^e				3				6		
5 ^e					3					6
6 ^e					4					8
7 ^e						5				

Dans ce tableau, il est facile de voir de suite quel est le degré de pureté des intervalles. Sous ce rapport, on les a classés de la manière suivante :

sonnances absolues. — Octave. — Douzième — Double octave. — Les sons partiels du son aigu coïncident avec un des sons partiels de la note grave.

sonnances parfaites. — Quinte. — Les sons partiels pairs coïncident avec des sons partiels de la note grave.

sonnances moyennes. — Quarte. — Sixte majeure. — Tierce majeure. — Deux des harmoniques coïncident (dans les dix premiers sons partiels) ; les battements commencent à se faire sentir dans le son grave.

sonnances imparfaites. — Sixte mineure. — Tierce mineure. — Un seul des harmoniques coïncide ; ils sont maussades. — Pas d'harmonique coïncidant.

accords. — On nomme *accord* l'émission simultanée de plus de deux sons. Comme pour les intervalles, on distingue des *accords consonnants* et des *accords dissonnants*. Pour qu'un accord soit consonnant, il faut que les sons qui s'y trouvent soient consonnants deux à deux ;

si deux des sons forment une dissonance et donnent des sensations sensibles, l'harmonie est détruite.

Les seuls accords consonnants de trois sons sont les suivants :
sont aussi les plus employés en musique :

	accords	Ut	Ut [♯] Re [♯]	Re.	Re [♯] Mi ^b	Mi.	Fa	Fa [♯] Sol ^b	Sol.	Sol [♯] La ^b	La.
Supr.	Fondamental	Ut				Mi			Sol		
	De sixte	Ut					Fa				La
	De sixte et quarte	Ut			Mi ^b					La ^b	
Bass.	Fondamental	Ut			Mi ^b				Sol		
	De sixte	Ut					Fa			La ^b	
	De sixte et quarte	Ut				Mi					La

On peut faire dériver les accords de sixte et de sixte et quarte de deux accords fondamentaux, grâce au renversement suivant, successivement pour tonique la deuxième et la troisième notes de l'accord.

Accord majeur.

Accord fondamental. ut mi sol
— de sixte et quarte mi sol ut
— de sixte sol ut mi.

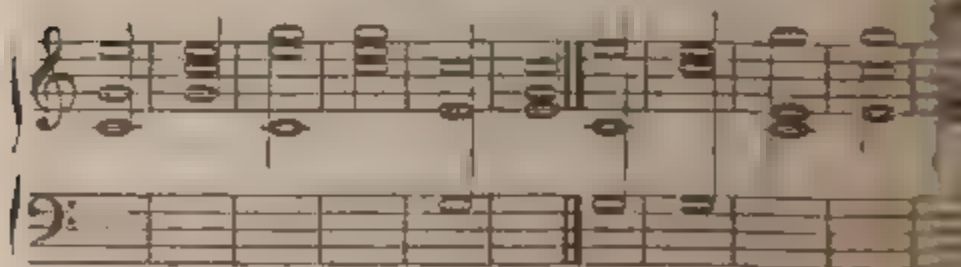
Accord mineur.

Accord fondamental. ut mi^b sol
— de sixte et quarte mi^b sol ut
— de sixte sol ut mi^b

La consonnance des accords dépend : 1° des consonnances ou imparfaites formées par les intervalles qui les composent ; 2° de la présence des sons résultants dus aux sons fondamentaux et premiers harmoniques.

Le tableau suivant, emprunté à Helmholtz, donne les meilleurs renversements des accords de trois sons, soit majeurs, soit mineurs. Pour les accords majeurs, les meilleurs sont ceux dans lesquels les sons résultants restent entièrement compris dans l'accord. Pour les accords mineurs, il y a toujours, même pour les meilleurs, des sons résultants hors de l'accord par des accords nouveaux dus aux sons résultants.

Accords majeurs.



Accords mineurs.

accords de quatre sons. — Tous les accords consonnants de quatre sons sont des accords de trois sons dans lesquels un des sons est doublé à l'octave.

Les accords dissonnants de trois et quatre sons sont aussi employés en musique comme transition entre les accords consonnants.

La musique moderne n'emploie guère que deux *modes* : le mode majeur et le mode mineur; ces deux modes sont ceux qui fournissent les séries d'accords consonnants les plus complètes. D'autres modes, aujourd'hui abandonnés, étaient employés autrefois et le sont encore par certains peuples. (Voir, pour plus de détails sur ce sujet, Helmholtz : *Le physiologique de la musique*.)

Bibliographie. — HELMHOLTZ : *Théorie physiologique de la musique*, traduit par M. GUÉROULT, 2^e édit. Paris, 1874.

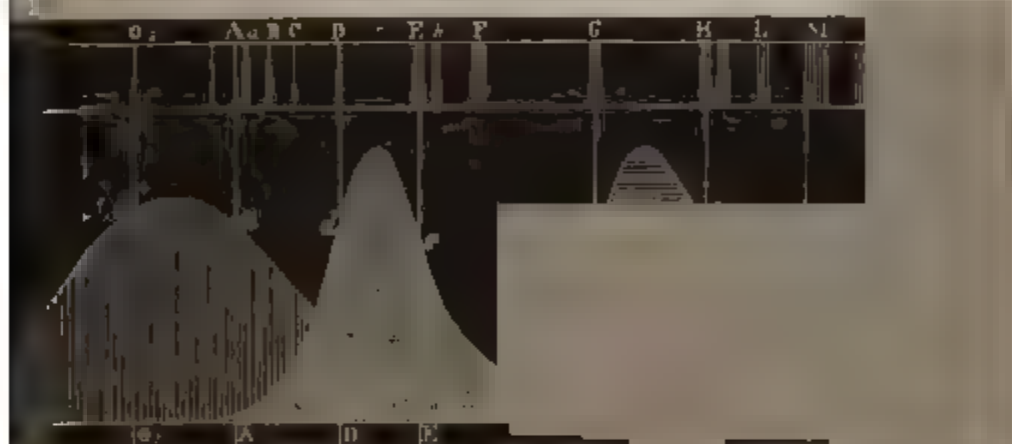
2^e VISION.

La sensation visuelle est une sensation spéciale qui reconnaît comme cause déterminante l'excitation de la rétine par la lumière. Cette sensation exige donc deux conditions fondamentales, un objet, la lumière; une membrane impressionnable, la rétine. La sensation, limitée dans ces conditions, ne serait que vaine et indistincte si des appareils surajoutés, faisant partie du globe oculaire ou extérieurs à lui, ne venaient la perfectionner. Ces appareils sont : en premier lieu, un appareil de vision constitué par les milieux transparents de l'œil, un système musculaire, l'iris, qui règle la quantité de lumière qui arrive à la rétine, un appareil d'accommodation, le muscle ciliaire et le cristallin, qui permet à l'œil de s'adapter aux différentes distances; des muscles, qui font parcourir au globe l'ensemble des parties du champ visuel, et enfin des organes accessoires, comme l'appareil lacrymal, les paupières et les

l'action de l'excitant lumière; même, dans l'absence absolue, à toute excitation mécanique physique de la rétine et du nerf optique correspond une sensation lumineuse; la lumière est seulement l'excitant physique. L'étude de la lumière étant du ressort de la physique, nous ne pouvons que rappeler brièvement les notions indispensables.

La lumière est due aux vibrations de l'éther. On appelle rayon lumineux la direction suivant laquelle se transmettent les vibrations de l'éther. Cette transmission de la lumière se fait avec une vitesse de 300,000 kilomètres par seconde dans le vide. De chaque point lumineux partent constamment une infinité de rayons qui vont dans toutes les directions. Les vibrations de l'éther sont transversales, c'est-à-dire perpendiculaires à la direction des rayons lumineux. À la durée, ou au nombre des vibrations correspond une sensation lumineuse ou acoustique. La durée de ces vibrations est infinie pour le son. La durée de ces vibrations est infinie pour la lumière. Dans une seconde, il y a un nombre constant de vibrations. La rétine se comporte avec les vibrations lumineuses comme l'oreille avec les vibrations sonores, au delà et au dessous d'un certain nombre, la rétine n'est plus impressionnée par les vibrations de l'éther, la limite inférieure des vibrations lumineuses est par le rouge, qui correspond à 435 trillions de vibrations par seconde, la limite supérieure par le violet, qui correspond à 764 trillions de vibrations. Au-dessous de 435 trillions, la rétine n'est plus impressionnée, quoique les vibrations inférieures puissent encore exister (rayons calorifiques); au-dessus de 764 trillions, la rétine n'est plus impressionnée, quoique les vibrations supérieures puissent encore exister (rayons ultra-violet).

de O' à A, le spectre ultra-violet de H à T. Les courbes représentent les intensités calorifique, lumineuse et chimique (pour le nitrate d'argent) suivant les diverses régions du spectre.



Courbes d'intensité calorifique, lumineuse et chimique des différentes régions du spectre solaire.

Le nombre des vibrations du violet limite supérieure des sensations visuelles (aigu), n'est pas même le double de celui du rouge, qui en limite inférieure (grave). On voit donc que l'échelle des vibrations sonores des rayons lumineux, moins étendue que l'échelle des vibrations sonores, comprend à peine une octave du grave à l'aigu.

Les rayons ultra-violet peuvent aussi impressionner la rétine si on les expose dans certaines conditions, de façon à accroître leur intensité; ils peuvent alors devenir visibles.

La lumière blanche est une lumière composée; on peut, en lui faisant traverser un prisme, la décomposer en un certain nombre de couleurs autrement dit, isoler les vibrations simples qui la composent. Les résonnateurs divisent un son complexe en sons simples; de même, les rayons qui correspondent aux différents nombres de vibrations lumineuses, également réfringibles, le faisceau de lumière blanche se décompose et laisse apparaître les couleurs simples qui le composent; on a ce qu'on appelle le spectre solaire. Les rayons violets sont les plus réfringibles et se trouvent dans le spectre, du côté de la base du prisme; les rayons rouges, les moins réfringibles, du côté du sommet.

OBJET DES RAYONS LUMINEUX DANS L'OEIL. DIOPTRIQUE OCULAIRE.

I. — LOIS PHYSIQUES DE LA RÉFLEXION ET DE LA RÉFRACTION.

La connaissance des lois de la réflexion et de la réfraction est indispensable pour bien comprendre la marche des rayons lumi-

sur les surfaces planes sont les suivantes :

1° Le rayon incident et le rayon réfléchi sont dans le même plan que la normale à la surface au point d'incidence ;

2° L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence.

Dans les miroirs plans, l'image est virtuelle, symétrique et de même grandeur.

Dans les miroirs convexes, l'image est virtuelle, droite et plus petite que l'objet.

Dans les miroirs concaves, il y a plusieurs cas suivant la position de l'objet :

1° L'objet est à l'infini ; l'image se produit au foyer principal, elle est réelle et renversée ;

2° L'objet est au delà du centre de courbure ; l'image se forme entre le foyer principal et le centre de courbure ; elle est réelle, renversée et plus petite que l'objet ;

3° L'objet est au centre de courbure, l'image est au centre de courbure et coïncide avec l'objet ; elle est de même grandeur et renversée ;

4° L'objet est entre le centre de courbure et le foyer principal ; l'image se forme au delà du centre de courbure ; elle est réelle, renversée et plus grande que l'objet ;

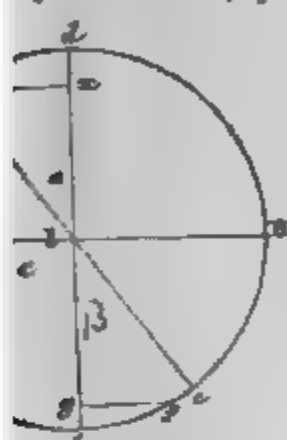
5° L'objet est au foyer principal ; les rayons sont parallèles et il n'y a pas d'image ;

6° L'objet est entre le foyer principal et le sommet ; l'image est virtuelle, droite et plus grande que l'objet.

Réfraction de la lumière. — Les lois de la réfraction sont les suivantes :

1° Le rayon incident et le rayon réfracté sont dans le même plan que la normale à la surface au point d'incidence ;

rayon incident; quand le rayon arrive à la surface de sépa-



. Lois de la réfraction.
(voir page 760.)

es angles d'incidence et de réfraction. Le rapport de ces

$\frac{ax}{gf}$ reste constant pour les deux milieux et constitue ce

qu'on appelle l'indice de réfraction. Dans le cas actuel (passage de

l'air dans l'eau), si ax a une longueur = 4, gf a une longueur = 3, et

l'indice de réfraction de l'eau sera $\frac{4}{3}$. Si on fait varier l'obliquité du rayon

incident, l'angle de réfraction varie aussi; par exemple, si le sinus

de l'angle d'incidence est 8, le sinus de réfraction sera 6, et l'indice de réfraction

sera $\frac{8}{6}$. Quand le rayon incident passe d'un milieu moins réfrin-

gent dans un milieu plus réfringent, l'indice de réfraction est toujours

plus grand que l'unité, et on le représente par n dans les formules;

au contraire, cet indice est toujours plus petit que l'unité et

est représenté par $\frac{1}{n}$.

On appelle la quantité n ne représente que l'indice de réfraction

relatif à l'air, c'est-à-dire l'indice relatif. C'est le seul qu'il soit

nécessaire pour la théorie de la réfraction oculaire.

La construction sert à montrer qu'en passant d'un milieu plus

dense dans un milieu moins réfringent, le rayon réfracté s'écarte

de la normale au point d'incidence.

Quand des rayons lumineux traversent un milieu plus dense, à faces

parallèles, les rayons entrants et les rayons sortants restent parallèles,

si le milieu traversé est peu épais, ils peuvent être considérés

et former leur foyer sur l'axe principal, de l'autre côté de la surface de séparation des deux milieux. Tous les rayons parallèles à l'axe principal vont se réunir au point F' , appelé *foyer principal postérieur*. Les rayons parallèles venant de l'autre côté de la surface (à droite de la figure) ont leur foyer au point F , point principal antérieur.

On appelle *axe secondaire* toute ligne NO qui est normale à la surface nodale; les rayons qui ont cette direction ne subissent aucune déviation. Il y a, par conséquent, une infinité d'axes secondaires. Les rayons parallèles aux axes secondaires viennent tous converger en un point, *foyer secondaire*, situé sur cet axe secondaire. Les foyers secondaires des rayons parallèles se trouvent sur le même plan, $N'F'$, perpendiculaire à l'axe principal. Ce plan est le *plan focal postérieur*, c'est ce qu'on appelle le *plan focal postérieur*, $N'F'$, qui passe par le foyer postérieur F' , un *plan focal antérieur*, NF , qui passe par le foyer antérieur F . On appelle *plan nodal* le plan perpendiculaire à l'axe principal et qui passe par le point nodal O , *plan principal*, qui est tangent à la surface au point A .

Construction d'un rayon réfracté. — Ces données, il est facile de trouver le rayon réfracté qui correspond à un rayon incident et le foyer principal de la surface. Soit un rayon incident, il coupe le plan focal antérieur en un point P . Un rayon lumineux parti d'un point du plan focal antérieur et qui se dirige vers le point P réfractant une direction parallèle à l'axe principal, va converger en un point; si on mène cet axe secondaire NO et qu'on prolonge la ligne NP jusqu'à l'axe secondaire NO , on a le rayon réfracté. On peut aussi mener l'axe secondaire ON' parallèle à l'axe principal et qui coupe le plan focal postérieur en un point P' . Un rayon lumineux parti d'un point du plan focal postérieur et qui se dirige vers le point P' réfractant une direction parallèle à l'axe principal, va converger en un point; si on mène cet axe secondaire NO et qu'on prolonge la ligne $N'P'$ jusqu'à l'axe secondaire NO , on a le rayon réfracté.

un point P (fig. 187); on mène de ce point : 1° l'axe secondaire PO qui passe par O sans subir de déviation; 2° un rayon PI parallèle à l'axe principal; d'après ce qui a été dit tout à l'heure, le rayon réfracté pas-

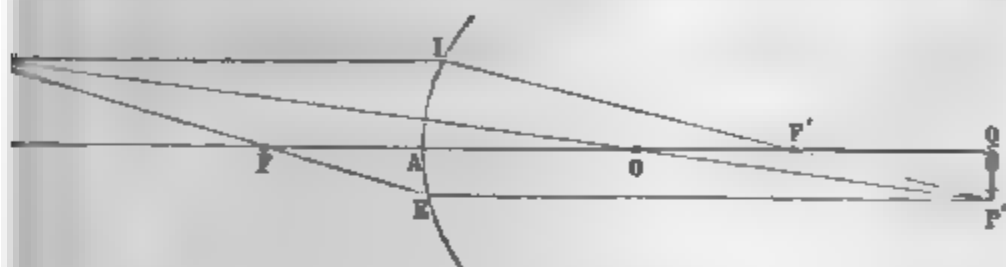


Fig. 187. — Construction de l'image d'un objet.

se par le foyer postérieur F' et il n'y aura qu'à le prolonger jusqu'à ce qu'il rencontre l'axe secondaire PO ; le point de rencontre P' sera l'image du point P .

On peut aussi mener : 1° le rayon incident PI , parallèle à l'axe principal; 2° le rayon incident PFE , passant par le foyer principal antérieur; ce rayon, après la réfraction, marche parallèlement à l'axe principal et coupe le rayon réfracté IF' en P' .

On trouvera ainsi successivement l'image des différents points d'un objet. L'image de l'objet sera renversée.

Réfraction de la lumière dans le cas d'un système de plusieurs milieux réfringents (système dioptrique centré). — Quand, au lieu de deux milieux séparés par une surface réfringente, on a affaire à un système de plusieurs milieux, la construction du rayon réfracté s'obtient facilement d'après les mêmes principes si les surfaces sont bien centrées, c'est-à-dire si leurs centres de courbure se trouvent sur une même droite ou *axe*.

Un système dioptrique centré peut être remplacé par un système



Fig. 188. — Système dioptrique centré.

Les trois cardinaux (constantes optiques de Gauss). Soit, par exemple (fig. 188), un système composé de quatre milieux réfringents.

1, 2, 3, 4, séparés par les surfaces sphériques AB, CD, EF dont les centres se trouvent sur l'axe XX. On pourrait, pour chaque milieu, connaissant l'indice de réfraction, la courbure de la surface et la position du rayon incident, construire successivement le rayon réfracté. Mais on simplifie la construction par l'admission des six points cardinaux. Ces points sont :

1° Deux points focaux, F , F' , point focal antérieur F et point focal postérieur F' , ils ont pour propriété que tous les rayons qui partent d'un point focal antérieur sortent parallèles à l'axe, et que tous les rayons parallèles vont former leur foyer au point focal postérieur. On appelle plans focaux antérieur et postérieur, OO , $O'O'$, des plans passant par les points focaux et perpendiculaires à l'axe XX, tous les rayons qui partent d'un point d'un plan focal sortent parallèles entre eux.

2° Deux points principaux P , P' , et deux plans principaux V , V' , qui représentent les deux surfaces de séparation idéales des milieux transparents. Tout rayon incident qui passe par le premier point principal sort par le deuxième, et tout rayon qui passe par le premier plan principal sort par le point correspondant du deuxième à la même distance de l'axe. C'est ce qu'on exprime en disant que le deuxième plan principal est l'image optique du premier.

On appelle longueur focale antérieure $= f$, la distance FP du point focal antérieur F au premier point principal P , longueur focale postérieure $= f'$, la distance $F'P'$ du point focal postérieur F' au deuxième point principal P' .

3° Deux points nodaux, N , N' , qui répondent aux centres optiques des surfaces V , V' , et jouissent de cette propriété que les rayons qui passent par le premier point nodal passent aussi par le deuxième, que les directions du rayon incident et du rayon réfracté sont parallèles. La distance des deux points nodaux NN' égale celle des points principaux.

Quand, dans un système de plusieurs milieux réfringents, le premier et le dernier milieu ont le même indice de réfraction les points cardinaux coïncident avec les points principaux, et les longueurs focales sont égales.

Quand un système de milieux réfringents est ainsi ramené à un système de six points cardinaux, il est facile de construire la marche d'un rayon réfracté.

Construction du rayon réfracté. — Soit (fig. 189, page 765) un rayon incident AB, du point B, on mène une parallèle à l'axe XX qui coupe le deuxième plan principal V' en C, c'est comme si le rayon tombait directement en C sur ce plan principal, puis on joint C au deuxième point nodal N' une droite, $N'D$, parallèle au rayon incident, cette droite coupe le plan focal postérieur en D, en joignant D à la direction du rayon réfracté CD. On peut encore y arriver en

point focal antérieur F une droite, FI, parallèle à AB; du point I, où coupe le premier plan principal VV, on mène une parallèle à

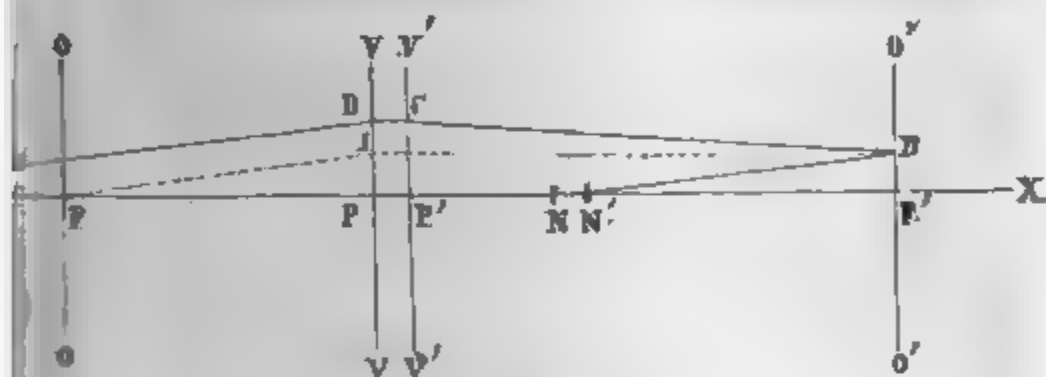


Fig. 189. — Construction d'un rayon réfracté.

AD; en joignant le point D, où cette parallèle rencontre le plan postérieur à C, on a la direction du rayon réfracté.

Construction de l'image d'un point. — Soit (fig. 190) l'objet AB;

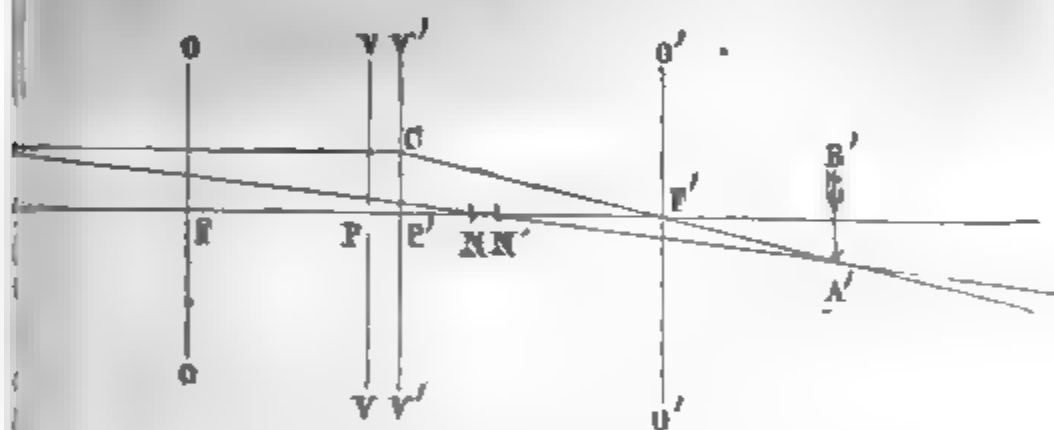


Fig. 190. — Construction de l'image d'un point.

Pour avoir l'image du point A, il suffit de connaître le trajet de deux rayons partant de ce point.

On mène un premier rayon, AC, parallèle à l'axe; il coupe le premier point principal en C; de là, comme rayon parallèle à l'axe, il passe par le foyer postérieur F' et prendra la direction CF'A'.

On mène un second rayon dans la direction du premier point principal N, et on mène par le deuxième point nodal N' une ligne, N'A', parallèle à AB et qui sera la direction du second rayon réfracté, cette ligne coupe la ligne CF'A' en un point A', qui sera le foyer ou l'image du point A. On trouvera de même l'image du point B. L'image de AB est renversée.

Les rapports de l'objet et de l'image sont donnés par la formule

$$= \frac{O}{O - f}, \text{ où } l \text{ désigne la distance de l'image du deuxième}$$

point principal, O la distance de l'objet du premier point principal, f la longueur focale antérieure, f' la longueur focale postérieure.

Si l'objet est à l'infini, l'image est réelle et se fait au point principal postérieur, à mesure que l'objet se rapproche de la surface réfringente, l'image, réelle, se porte de plus en plus en arrière, quand l'objet se rapproche du premier point focal, l'image est à l'infini, si l'objet se rapproche encore de la surface réfringente l'image est virtuelle et à l'avant.

Si on compare maintenant les déplacements de l'objet et de l'image, on voit que, entre l'infini et le premier point focal, à des déplacements égaux de l'objet, correspondent des déplacements très inégaux de l'image; en effet, le déplacement de l'image est d'abord très petit, puis ce déplacement s'accroît à mesure que l'objet se rapproche du premier point focal antérieur. Ainsi depuis l'infini jusqu'à vingt fois le premier point focal, dans un système analogue à l'œil, on n'amène qu'un déplacement insignifiant de l'image qui se fait toujours au deuxième point focal, à peu de chose près.

2. — SYSTÈME DIOPTRIQUE DE L'ŒIL. ŒIL SCHEMATIQUE

L'œil humain, même à l'état normal, est loin de représenter un système dioptrique centre, cependant on peut approximativement le considérer comme tel et le ramener par construction à un système de six points cardinaux. On a recherché sur un certain nombre d'yeux normaux, les rayons principaux, les surfaces réfringentes et l'indice de refraction des milieux. On a construit ainsi les six points cardinaux de ce qu'on appelle l'œil idéal ou schématique (fig. 191, page 767). Dans le système dioptrique de l'œil schématique, le premier milieu est l'air, le dernier (corps vitré) ayant un indice de refraction de 1,336, en résultera, d'après ce qui a été dit plus haut, que les rayons principaux et les points cardinaux ne coïncideront pas.

Dans son trajet à travers les milieux réfringents de l'œil, la lumière a successivement à traverser les couches suivantes : cornée, humeur aqueuse, capsule cristalline antérieure, cristallin, capsule cristalline postérieure, corps vitré. Les deux surfaces de la cornée étant à peu près parallèles, la déviation des rayons lumineux est presque nulle; on peut donc, dans la vue dioptrique, faire abstraction de la cornée et supposer que la lumière arrive jusqu'à la face antérieure de la capsule cristalline. Le cristallin, indépendamment de sa membrane,

est formé par une série de couches concentriques dont l'indice de réfraction est différent, mais on peut le remplacer

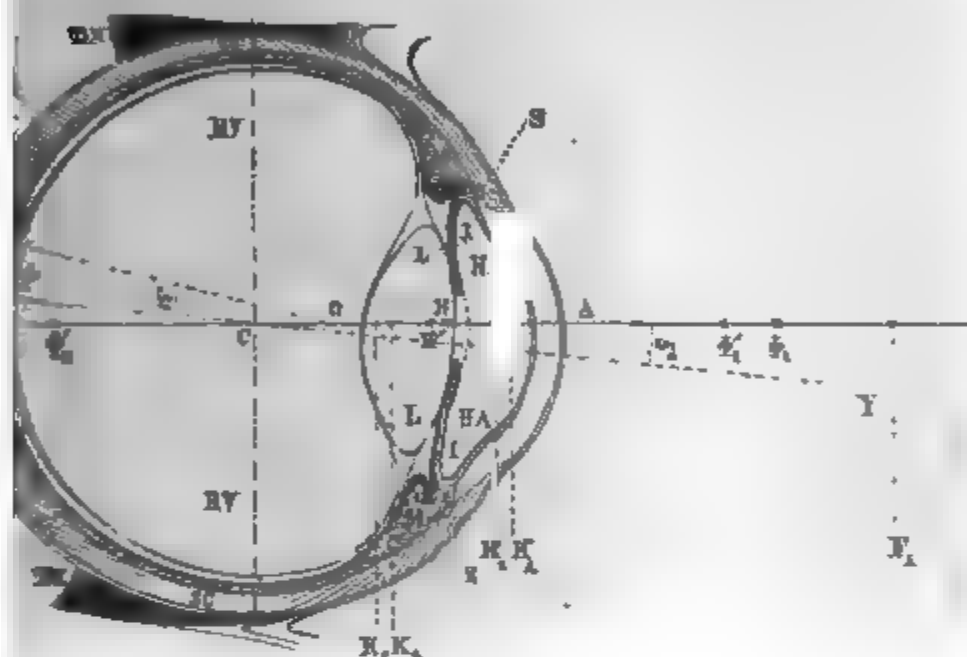


Fig. 191. — Oeil schématisque (coupe transversale).

œil idéal par une lentille homogène d'un indice de réfraction qui produirait le même effet total. Il ne reste donc qu'à connaître la courbure de la face antérieure de la cornée, les rayons de courbure de la face antérieure de la cornée et les indices de réfraction de l'aqueuse, du cristallin et du corps vitré. Ces valeurs sont les suivantes :

Rayons de courbure.

Cornée; face antérieure.	8 millimètres.
Cristallin; face antérieure	10 —
Cristallin; face postérieure.	6 —

L. — (Grosissement = 2). — A, sommet de la cornée. — SC, sclérotique. — S. Schlemm. — CH, choroïde. — I, iris. — M, muscle ciliaire. — R, rétine. — Nq., — NA, humeur aqueuse. — L, cristallin (la ligne pointillée indique sa forme accommodation). — HV, humeur vitré. — DN, muscle droit interne. — DE, muscle

Optiques principal. — Φ^{145} . axe visuel, faisant un angle de 5° avec l'axe optique. — la surface du globe oculaire.

Ordre des points Listing. — H^2 , points principaux — K_1, K_2 , points nodaux. — L_1, L_2, L_3, L_4 , points d'intersection (ce sont ces points cardinaux qui sont adoptés dans ce livre).

non d'après Girard-Toulon. — H, points principaux fusionnés. —

— $\Phi^1\Phi^2$, foyers principaux pendant le repos de l'accommodation. — $\Phi^1\Phi^2$, foyers principaux pendant l'accommodation. — Ω , points nodaux focaux.

Indices de réfraction :

Humeur aqueuse	$\frac{103}{77} = 1,3379$
Cristallin	$\frac{16}{11} = 1,4545$
Corps vitré	$\frac{103}{77} = 1,3379$

Ces données une fois connues, on trouve les positions pour les six points cardinaux de l'œil idéal (fig. page 767). Les chiffres indiquent, en millimètres, leurs distances respectives du sommet de la cornée :

Premier point principal	H ¹	2,1746	} différence . . 0,1
Deuxième —	H ²	2,5724	
Premier point nodal	K ¹	7,2420	} différence . . 0,1
Deuxième —	K ²	7,6398	
Foyer principal antérieur	F ¹	12,8326	
Foyer principal postérieur	F ²	22,6470	
Longueur focale antérieure	F ¹ H ¹	15,0072	
Longueur focale postérieure	F ² H ²	20,0746	

Œil réduit. — On peut simplifier encore plus l'œil idéal en restant dans une approximation suffisante. En effet, les points principaux, n'étant qu'à une distance de 0^{mm},3978 de l'autre, peuvent être identifiés, et il en est de même des points nodaux. On peut alors substituer à l'œil schématisé qu'on appelle l'*œil réduit*, dans lequel le point principal est à 2 millimètres (2^{mm},3448) en arrière de la cornée, et le point nodal à 7 millimètres (7^{mm},4969) et dont les longueurs focales sont : l'antérieure, 15 millimètres, et la postérieure, 20 millimètres. La surface réfringente, de 5 millimètres de rayon, est placée à 3 millimètres en arrière de la cornée, et l'indice de réfraction du milieu réfringent égale celui de l'humeur aqueuse : $\frac{103}{77} = \frac{4}{3}$. On peut appliquer ainsi à l'œil réduit tous les lois qui régissent la réfraction à travers une seule surface réfringente.

Mesure de l'indice de réfraction et des rayons de courbure des milieux réfringents de l'œil. — Pour mesurer les courbures de la cornée et du cristallin, Helmholtz a imaginé un instrument, l'*ophtalmo-*

permet de les déterminer, sur le vivant, avec une précision mathématique. L'ophthalmomètre d'Helmholtz est basé sur les suivants. Quand un rayon lumineux traverse une lame de verre parallèle, il peut se présenter deux cas : 1° le rayon est normal au plan de la plaque ; dans ce cas, il n'éprouve pas de déviation ; 2° il tombe obliquement sur la plaque ; il subit alors une déviation latérale et sort dans une direction parallèle à la direction incidente ; pour un œil situé derrière la lame de verre, le rayon paraîtra provenir du prolongement du rayon émergent parallèle au rayon incident ; par conséquent un déplacement latéral qui augmentera avec l'épaisseur de la lame.

Si au lieu d'une seule lame, on prend deux lames de même épaisseur placées l'une au-dessus de l'autre, de façon qu'elles occupent la position de la ligne transversale pointillée de la figure 192, et qu'on fasse tomber au point de contact de ces deux lames un rayon OI , ce rayon se prolongera sans déviation dans la direction IM , et pour un observateur placé en M , l'objet O paraîtra simple ; si maintenant on fait tourner les deux lames de façon à leur donner la position AB, DC , le rayon OI subira une déviation, et au sortir de la lame AB prendra la direction $I'M'$ et la direction $I''M''$ au sortir de la lame DC ; l'observateur situé derrière les deux lames verra l'objet O double en O' et O'' , et une formule très-simple permettra de calculer la distance des deux images, connaissant le déplacement des deux lames ; cette distance est le double du déplacement déterminé par chaque lame (*).

- Principe de l'ophthalmomètre.

La formule est la suivante :

$$d = 2e \sin i \left(1 - \frac{\sqrt{1 - \sin^2 i}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i}} \right)$$

où d est la distance des deux images ; e , l'épaisseur des deux lames, n le coefficient de réfraction.

L'ophthalmomètre d'Helmholtz (*fig. 193*) se compose d'un instrument dont l'axe coïncide avec le plan de séparation des deux milieux.

Si avec cet instrument on vise un objet dont on veut connaître la grandeur, BA, par exemple, il suffit de faire tourner les deux lames de façon que les deux images ba , $b'a'$, viennent se toucher; la grandeur de l'image BA sera donc la moitié de l'écartement des points b' et a' , écartement qu'on calcule d'après le déplacement des deux lames.

Il est facile avec cet instrument, d'obtenir les rayons de courbure des diverses surfaces réfringentes de l'œil.

Si l'on fait tomber sur l'œil de côté, les rayons d'une flamme et que l'observateur soit placé du côté opposé, les surfaces de séparation des milieux de l'œil agissent comme des miroirs et on aperçoit trois images, images de Purkinje (*fig. 194*) :

1° Une image, a , placée près du bord pupillaire et formée par la cornée (miroir convexe); elle est droite, de grandeur moyenne, très-lumineuse;

2° Une image, b , formée par la face antérieure du cristallin (miroir convexe); elle est droite, grande, peu lumineuse;

3° Une image, c , formée par la face postérieure du cristallin (miroir concave); elle est renversée, petite et d'intensité lumineuse moyenne.

La grandeur de ces images dépend du rayon de courbure des surfaces; la plus grande appartient à la face antérieure du cristallin, la plus petite à sa face postérieure. Une fois connue la grandeur des images, on calcule facilement le rayon de courbure des diverses surfaces.

L'avantage de l'ophthalmomètre est de permettre



Fig. 193. — Ophth. halmomètre.

mes sur le vivant et malgré les légers déplacements de l'œil, impossible d'éviter dans ces conditions.

Cet instrument a servi aussi à mesurer les indices de réfraction des réfringents de l'œil, en construisant avec ces différents minuscules lentilles enchâssées dans des cavités creusées dans des verres et en déterminant les courbures de ces lentilles à l'aide d'un alimètre.

RÉFRACTION OCULAIRE TRAJECT DES RAYONS LUMINEUX DANS L'ŒIL.

1. Formation de l'image rétinienne.

Les images des objets extérieurs viennent se former sur la rétine. On peut constater directement l'image rétinienne en amincissant la partie postérieure de la sclérotique et en plaçant l'œil dans une chambre noire, ou bien en se servant de l'œil d'un lapin albinos (Képler, Magendie). On peut même quelquefois voir sur le vivant quand l'œil est peu pigmenté : on place l'œil dans une chambre noire, et on lui fait tourner la cornée vers l'angle externe, ce qui amène la partie interne de la sclérotique vers la région interne élargie de la fente palpébrale ; une tige tenue au côté externe de l'angle visuel, et son image, formée sur la partie interne de la rétine, est assez lumineuse et assez nette pour qu'on puisse l'apercevoir à travers la pupille. Cette image rétinienne peut, du reste, être observée plus facilement à l'aide de l'ophthalmoscope.

Prenons d'abord un point situé à l'infini (une étoile, par exemple) ; les rayons qui en partent sont parallèles et, si l'œil est normal (emmétrope), iront se réunir au foyer principal postérieur, c'est-à-dire à la rétine, et comme le foyer se fait exactement à la distance de la rétine, il n'y a qu'un élément de la rétine impressionné. La ligne menée du point lumineux à l'image rétinienne passe par le point nodal de l'œil et constitue la *ligne de direction* de la vision. Pour avoir l'image d'un point, il suffira donc de mener du point à la rétine une ligne droite passant par le point nodal ; l'endroit où cette ligne rencontrera la rétine indiquera le point de la rétine impressionné ou le lieu de l'image.

Quand le point se rapproche de l'œil, le foyer de ses rayons se

fait encore au foyer principal postérieur, c'est-à-dire sur la rétine, tant qu'il existe entre lui et l'œil une certaine distance, vingt mètres environ; mais quand cette distance diminue, le foyer des rayons se fait en arrière de cette membrane, et posant que les conditions optiques de l'œil restent les mêmes, dans ce cas, l'image rétinienne n'est plus nette (voir *Catoptrique* et *diffusion*).

Si le point, au lieu d'être situé sur l'axe optique, est situé sur un des axes secondaires, la construction est la même, l'image du point est toujours située sur la rétine, et pour avoir l'image d'une étendue, cette membrane impressionnée, il suffit de mener du point lumineux une ligne passant par le point nodal. On voit que, dans ce cas, si le point lumineux est placé au-dessus de l'axe optique, son foyer sur la rétine sera placé au-dessous (fig. 195). Ainsi si le point est à gauche de l'axe optique, l'image sera à droite sur la rétine; c'est ce qu'on appelle le *renversement de l'image rétinienne*.

Avec ces données, on trouvera facilement l'image d'un objet. Il n'y a qu'à joindre chacun des points de l'objet (ou ses

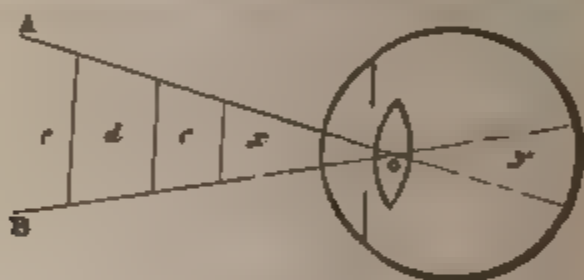


Fig. 195. — Angle visuel.

extrémités) au point nodal et à prolonger les lignes de visée jusqu'à la rétine.

L'angle x (fig. 195), compris entre les deux lignes de visée extrêmes, est l'angle sous lequel est vu l'objet ou *angle visuel*.

(*) C'est là la définition la plus commune de l'angle visuel. Helmholtz a montré que pour les objets rapprochés la valeur de l'angle ainsi compris n'est plus exacte. Le sommet de l'angle visuel se trouve au point d'intersection des lignes de visée, c'est-à-dire à l'œil, au centre de la pupille (centre de l'image cornéenne de la pupille) avant du point nodal. La ligne de visée, qu'il ne faut pas confondre avec la ligne de direction, est la ligne qui passe par le centre de la tache aveugle, le centre de l'image pupillaire et un point de l'espace. Quand deux points de l'espace sont fixés l'un après l'autre, le sommet de l'angle visuel intercepté se trouve au centre de rotation de l'œil.

La grandeur de l'angle visuel dépend de deux conditions : de la grandeur de l'objet et de sa distance de l'œil. A distance égale, la grandeur augmente avec la grandeur de l'objet ; à grandeur égale, il diminue avec la distance de l'objet. On voit par la figure 195 que des objets de grandeur inégale, c, d, e , placés à des distances différentes, peuvent être vus sous le même angle visuel x . Dans la figure 195, les deux triangles qui ont leur sommet en o pour base, l'un à l'objet, l'autre à l'image rétinienne, sont semblables ; on a ainsi le moyen de connaître la grandeur de l'image rétinienne quand on connaît la grandeur de l'objet et sa distance du point o . En effet, soit G la grandeur de l'objet, D sa distance au point nodal o , D' la distance de la rétine au point $o = 15$ millimètres, la grandeur de l'image rétinienne I sera donnée par la formule suivante : $I = \frac{G + 15}{D}$.

Quand l'angle visuel descend au-dessous d'une certaine limite, la vision des deux points extrêmes de l'objet n'est plus distincte ; les deux sensations n'en forment plus qu'une. Cet angle visuel minimum est de 60 secondes. Il correspond sur la rétine à une image ayant environ $0^{\text{mm}},004$, ce qui est à peu près la grandeur des éléments (cônes) de la rétine. Il faut donc que deux objets soient vus sous un angle visuel plus grand que 60 secondes pour qu'ils soient distincts ; au-dessous, ils donnent la sensation d'un seul point.

La acuité de la vue est en raison inverse de l'angle visuel ; elle diminue quand l'angle visuel augmente. La grandeur des plus petites images rétinienne perceptibles varie suivant les individus. Les images rétinienne infiniment petites, comme celles des étoiles fixes, sont encore perçues, quoiqu'elles n'impressionnent qu'un point infinitésimal d'un élément rétinien. Dans de bonnes conditions, on reconnaît encore des corps ayant de $\frac{1}{100}$ à $\frac{1}{1000}$ de centimètre ; les corps ronds peuvent être vus sous un angle de 30 à 20 secondes ; pour les fils, cet angle tombe à 3 secondes, pour des fils blancs, on peut avoir $\frac{1}{10}$ de seconde et même moins.

Pour déterminer les plus petites grandeurs perceptibles, on peut se servir de lignes (ou de fils) blanches ou noires parallèles ou de toiles que l'on éloigne plus ou moins de l'œil.

Pour mesurer l'acuité de la vision, on emploie des lettres de différentes grandeurs qu'on fait lire sous un angle visuel déterminé à

une distance d . Jæger, Giraud-Teulon, Snellen, etc., ont dressé à ce but des échelles de caractères typographiques; les chiffres placés au-dessus des caractères donnent en pieds de Paris la distance à laquelle un œil normal les distingue sous un angle de 5 min.

L'acuité de la vision, A , est exprimée par la formule : $A = \frac{d}{D}$.

$d = D$, on considère l'acuité de la vue comme normale.

Voici quelques spécimens de caractères de ces échelles typographiques :

III.

C E G L N P R T V Z B D 3

IV.

V Z B D F H K O S U

V.

N P R T V Z B D F H K O 6

XV.

S U Y A C E G 1

D'après ce qui vient d'être dit, les caractères de l'image nienne sont donc les suivants :

- 1° Elle est renversée ;
- 2° Elle est nette quand les différents points de l'objet forment leur foyer exactement à la rétine ;
- 3° Sa grandeur dépend de l'angle visuel.

2° Images de diffusion sur la rétine.

Quand les rayons partant de l'objet ou du point lumineux ne viennent pas former leur foyer exactement à la rétine, l'

point ou de l'objet n'est pas nette et il se forme ce qu'on appelle des *cercles de diffusion*.

Soit un point A (fig. 196); les rayons lumineux une fois entrés dans l'œil constituent un faisceau lumineux ou un cône dont

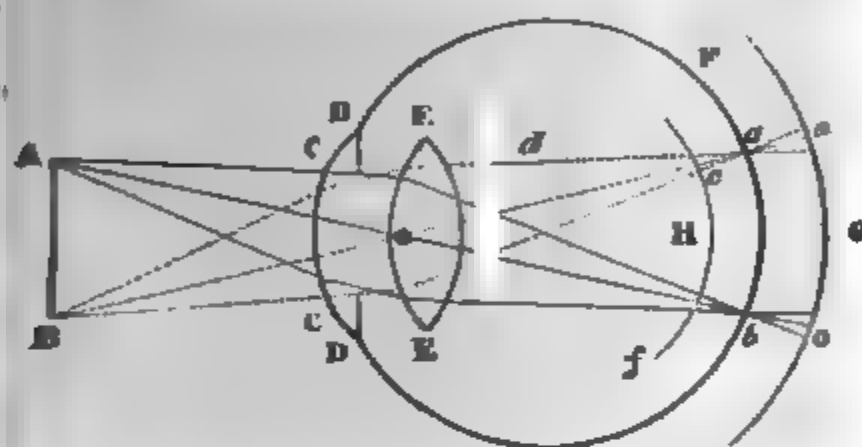


Fig. 196. — Cercles de diffusion.

le sommet est à la pupille et le sommet à la rétine. La forme du cône dépend de la forme même de la pupille; si celle-ci est circulaire, c'est un cône; si elle est triangulaire, c'est une pyramide à trois pans, etc. Si le faisceau lumineux, au lieu de former son foyer à la rétine, le forme en avant ou en arrière de la rétine, le faisceau se coupe le faisceau lumineux et le point paraît, suivant la position de la rétine, sous la forme de cercle ou de triangle lumineux, plusieurs éléments de la rétine étant impressionnés.

En le cas d'un objet, il en est de même; chaque point de l'objet envoie des rayons à des éléments différents de la rétine, et chaque élément de la rétine reçoit des rayons venant de points différents de l'objet, ce qui rend l'image confuse et lui enlève sa netteté.

La grandeur des cercles de diffusion dépend d'abord de la distance de l'image nette (ou du foyer des rayons) à la rétine: plus l'image s'éloigne de la rétine, plus le cercle de diffusion est grand, ce que démontre un coup d'œil jeté sur la figure 196; il dépend en second lieu de la grandeur de la pupille: plus la pupille se rétrécit, plus la section du faisceau lumineux et, par conséquent, le cercle de diffusion diminuent.

La théorie des cercles de diffusion explique pourquoi nous ne

vent acquérir assez de netteté pour devenir facilement ce que prouvent les expériences de Scheiner et de Mille.

Expérience de Scheiner. — On perce dans une carte deux trous plus rapprochés que le diamètre de la pupille, et on regarde, par ces deux trous, une épingle placée verticalement. Les deux trous sont à côté l'un de l'autre, horizontalement, et les deux images sont au-dessus l'une de l'autre. Soit l'épingle en a

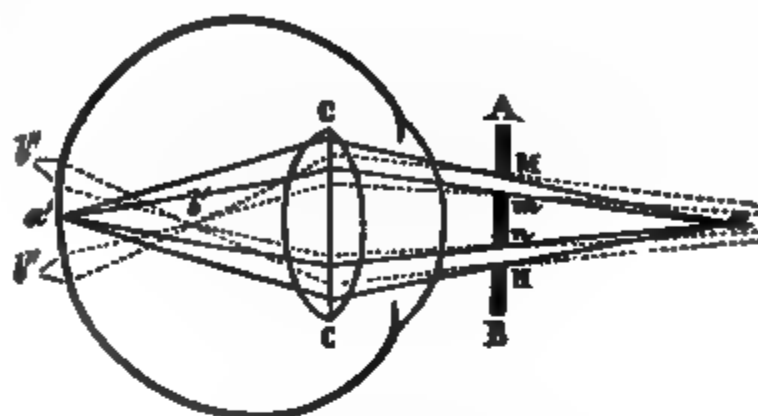


Fig. 197. — Expérience de Scheiner.

la fixe, elle paraît simple, son image allant se faire en c . Mais si l'on fixe un objet plus rapproché ou, ce qui revient au même, on l'éloigne de l'œil et qu'on la place en b , l'épingle paraît double. C'est de même si on la rapproche de l'œil en deçà de a . L'expérience, si l'œil ne s'accommode pas (voir : Accommodation), prouve que pour faire coïncider sur la rétine les rayons b'' , b' , c'est que ces rayons ne sont pas des images nettes, à cause de la minceur des plaques qu'on ne sent pas le besoin d'accommoder.

l'écran, l'image lumineuse de même nom a' disparaît sur l'écran F (accommodation éloignée), l'image de nom contraire a'' sur l'écran D

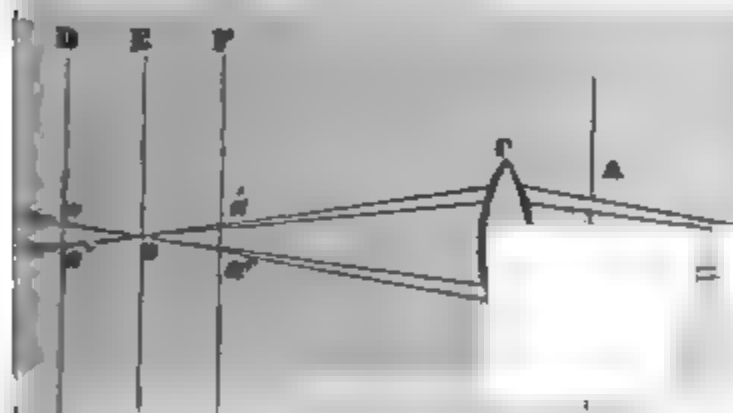


Fig. 198. — Expérience de Scheiner.

(accommodation rapprochée). Supposons maintenant que l'on ait des écrans F et D, que la rétine qui reçoit l'image aura lieu à cause du renversement des images rétiniennes. Si l'œil est en haut, sur la F, sera vu en bas et réciproquement. Donc, dans l'accommodation rapprochée D, c'est l'image de même nom qui disparaîtra; dans l'accommodation éloignée F, ce sera l'image de nom contraire. Si au lieu de nous on perce trois trous dans la carte, on verra trois épingles au lieu d'une.

Expérience de Mile. — Si l'on perce une carte avec un seul trou par lequel on fixe une épingle et qu'on imprime un mouvement de va-et-vient à la carte, l'épingle paraît immobile; mais si on fixe un point éloigné, l'épingle paraît se mouvoir en sens inverse de la carte; si l'on fixe un objet plus rapproché, elle se meut dans le même sens. La fig. 198 donne l'explication de ce fait. Le trou de la carte se place alternativement en A et en B. Quand il se meut de B en A, si la rétine est en F (accommodation éloignée), l'image va de a'' en a' , c'est-à-dire dans le même sens sur la rétine, et par conséquent paraît aller en sens inverse à cause du renversement des images; si la rétine est en D (accommodation rapprochée), l'image rétiniennne va de a' en a'' , c'est-à-dire dans le sens contraire du mouvement de la carte, et par conséquent paraît aller dans le même sens.

3° Emmétropie et amétropie.

Un œil normal ou *emmétrope* (fig. 199, p. 778), le foyer principal se trouve à la rétine et les rayons parallèles venant

Fig. 199 — Œil emmétrope.

deux façons : 1° le diamètre antéro-postérieur de longueur et le foyer principal φ de

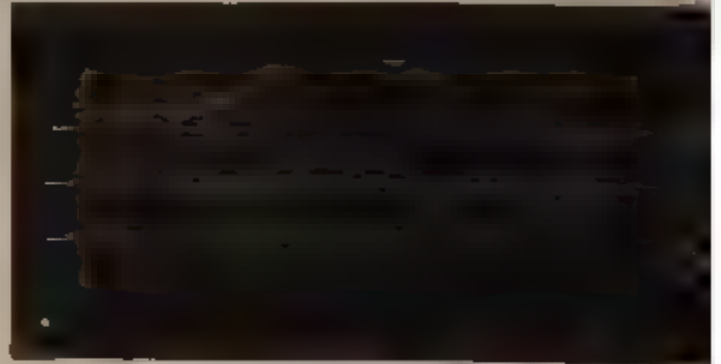
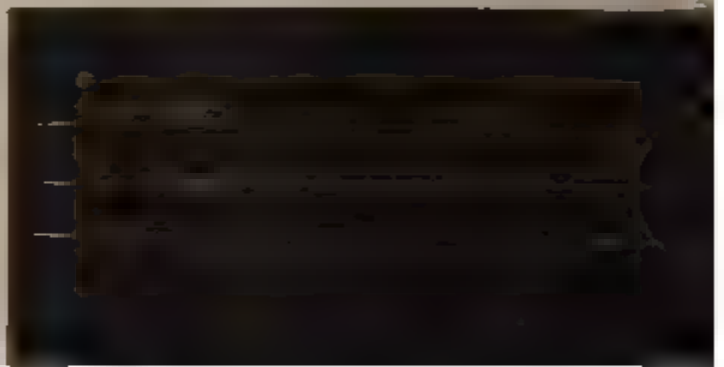


Fig. 200 — Œil myope.

la rétine : c'est l'œil *myope* (fig. 200) ; 2° dans (fig. 201), au contraire, le diamètre antéro-



l'œil emmétrype, le point le plus éloigné de la vision distincte, *punctum remotum*, est situé à l'infini; mais en deçà de l'infini et jusqu'à une certaine distance (65 mètres environ), les rayons peuvent être considérés comme parallèles et font leur foyer à la rétine. Au-delà de ce point, le foyer se fait en arrière de la rétine et l'accommodation doit intervenir pour que la vision soit distincte.

Chez le myope, le point le plus éloigné de la vision distincte varie avec le degré de la myopie, c'est-à-dire suivant la position du foyer. Cette distance (*punctum remotum*) est finie. Dans l'œil myope sans accommodation; *punctum remotum* est fini. Dans l'œil hypermétrope, les objets déjà leur foyer en arrière de la rétine. *punctum remotum*, et la vision n'est distincte sans accommodation préalable. Pour rendre l'œil emmétrype, il faut interposer une lentille biconvexe ou concave. Dans l'œil hypermétrope; chez le myope, la forte courbure du cristallin

la vision distincte se fait pour les objets situés entre le point et la lentille biconcave parallèles venant de l'infini; il n'y a donc pas de *punctum remotum*; la vision sera distincte pour aucun objet; pour rendre l'œil emmétrype, il faut interposer une lentille biconvexe ou convergente. Dans l'eau, l'œil ne voit rien; la correction

pour mesure de l'amétropie est le pouvoir réfringent d'une lentille (convergente ou divergente) qui rend l'œil emmétrype. Ainsi, si un myope dont le *punctum remotum* soit à 9 pouces, pour rendre l'œil emmétrype, il faudra un verre divergent de 9 pouces de longueur focale; le degré de la myopie M sera $\frac{1}{9}$. Pour un hypermétrope, il faudrait un verre convergent de 9 pouces de longueur focale.

Pour mesurer la distance du *punctum remotum*, on cherche, par des essais avec des verres convergents ou divergents, le verre qui rend distincte l'image d'un objet éloigné de grandeur proportionnée à la distance. Par exemple les caractères d'imprimerie des échelles typographiques. La longueur focale du verre indique en pouces de Paris la valeur positive (myopie) ou négative (hypermétropie) du *punctum remotum* (voir aussi : *Optométrie*.)

Aberration de sphéricité de l'œil.

On a supposé jusqu'ici que, dans l'œil emmétrype, tous les rayons parallèles partant de l'infini allaient former leur foyer au même point qui se trouvait sur la rétine. En réalité, il n'en est pas ainsi et l'œil n'échappe pas à l'aberration de sphéricité.

L'aberration de sphéricité se divise en aberration transversale et en aberration longitudinale.

A. *Aberration transversale de sphéricité* (fig. 202). — Soit une surface réfringente sphérique IAK ; si on mène une série de plans coupant

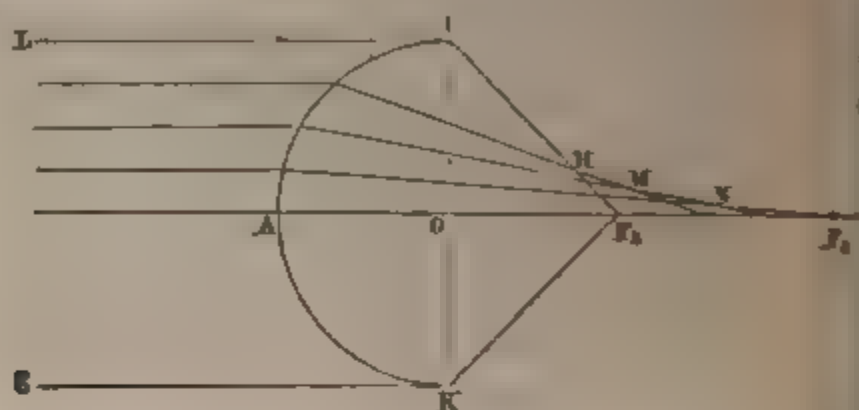


Fig. 202. — Aberration de sphéricité

perpendiculairement à l'axe le système réfringent, chacun de ces plans coupera la surface réfringente suivant une circonférence perpendiculaire à l'axe. Tous les rayons lumineux qui aboutissent d'un point de cette circonférence seront leur foyer sur un même point de l'axe principal F^1 , par exemple, pour la circonférence déterminée par le plan sécant IK. Pour les circonférences plus rapprochées du sommet de la surface réfringente, le foyer se fera plus loin, jusqu'en F_2 , etc. ; donc, pour le système des circonférences perpendiculaires à l'axe, une série de foyers disposés sur une ligne ; la caustique sera placée sur l'axe.

B. *Aberration longitudinale de sphéricité*. — Pas plus que pour l'astigmatisme, les rayons provenant des différentes circonférences, les rayons provenant d'un même méridien ne forment leur foyer en un seul point sur l'axe principal IAK (fig. 202) ; les rayons réfractés dans ce méridien se réunissent en H, M, N, etc., suivant une ligne courbe, et le système des focales ainsi formées par les divers méridiens représente une caustique de réfraction dont la forme rappelle celle d'un pédoncule (astigmatisme irrégulier).

L'aberration longitudinale existe non-seulement pour les divers rayons d'un même méridien, mais encore pour les différents méridiens par rapport aux autres. C'est à cette aberration de sphéricité qu'il correspond ce qu'on a appelé l'astigmatisme régulier de Young.)

Enfin, ce qui complique encore l'aberration de sphéricité et l'astigmatisme, c'est que les courbures du cristallin ne sont pas exactement centrées avec celles de la cornée.

L'œil présente donc à la fois aberration transversale de sphéricité, astigmatisme irrégulier et astigmatisme régulier.

L'aberration transversale de sphéricité et l'astigmatisme

petit rayon et le pouvoir réfractif le plus élevé
explique plusieurs phénomènes optiques

Si on trace sur un carton une ligne verticale et une ligne horizontale se croisant à angle droit et qu'on les place devant l'œil, on ne peut les voir nettement en même temps. Si l'on veut voir nettement la ligne horizontale, il faut rapprocher l'œil, l'éloigner pour la verticale. Il en est de même si les deux lignes se croisent, l'une verticale, l'autre horizontale; si l'on veut voir nettement la ligne horizontale, il faudra, pour voir avec la même netteté la ligne verticale, éloigner celui-ci de l'œil; si l'on accommode pour la ligne verticale, au contraire rapprocher le fil horizontal de l'œil.

Si on regarde un point lumineux par deux fentes parallèles, faites dans un morceau de carton épais, droit, quand on regarde par la fente verticale, on voit davantage l'écran de l'œil que quand on regarde par la fente horizontale.

Soit un point lumineux : il sera vu comme un point nettement accommodé; si l'œil est accommodé pour la vision d'un point, ce point paraîtra allongé dans le sens du méridien principal focal; quand il est accommodé pour la vision d'un point, ce point paraîtra allongé dans le sens du méridien de courbure principale; c'est-à-dire qu'en général, dans le premier cas, on verra d'un trait horizontal, dans le second d'un trait vertical. Si l'on regarde un point lumineux par un trou de carte très-fin, et qu'on l'éloigne de l'œil, le sens de l'allongement du point donne la direction de la plus forte courbure.

Des lignes disposées comme les rayons d'une roue, si on les voit nettement en même temps, en rapprochant la tête, on voit qu'elles paraissent distinctement en premier lieu correspondre à la direction de la plus forte courbure; en continuant à s'en rapprocher, elles paraissent se confondre dans la direction du méridien principal focal.

une ligne verticale paraît plus longue qu'une ligne horizontale, un cercle paraît un rectangle, un cercle a la forme d'une ellipse, etc., et, en général, les objets paraissent allongés dans le sens du méridien de courte longueur focale (ordinairement le méridien vertical).

L'astigmatisme peut exister non-seulement pour la cornée, mais pour le cristallin, et l'astigmatisme de l'œil est la somme des astigmatismes de la cornée et du cristallin, astigmatismes qui, du reste, peuvent composer ou (plus souvent) s'additionner. L'asymétrie de la cornée est, en général, plus considérable que celle du cristallin.

L'astigmatisme se mesure à l'aide d'instruments spéciaux, tels que le *test astigmatique* de Stokes, l'*optomètre binoculaire* ou *astigmatomètre* de Javal, etc., pour lesquels je renvoie aux traités d'oculistique. Le degré de l'astigmatisme régulier se mesure par la différence de la

réfraction des deux méridiens principaux, soit $\Delta r = \frac{1}{f} - \frac{1}{f'}$,

étant la plus grande longueur focale et f' la plus petite. La correction de l'astigmatisme se fait par des verres cylindriques qui n'agissent que suivant un des méridiens principaux; on prend pour

le degré de l'astigmatisme le pouvoir réfringent $\frac{1}{f}$ de la lentille cylindrique,

qui, ajoutée au méridien du minimum de courbure, en rend la longueur focale égale à celle du méridien du maximum de courbure.

Si le degré d'astigmatisme ne dépasse pas $\frac{1}{40}$, il est considéré comme normal et ne nécessite pas l'emploi de verres cylindriques.

Aberration de réfrangibilité de l'œil.

J'ai supposé jusqu'ici que l'œil était absolument achromatique, ce qui, en réalité, il n'en est rien, même pour l'œil normal ou myope. Il en résulte que les différents rayons, étant inégalement réfrangibles, vont former leur foyer sur des points différents.

Un faisceau de lumière blanche arrivant sur un système réfringent, les divers rayons, étant inégalement réfrangibles, se dispersent (p. 784); les rayons violets, les plus réfrangibles, forment leur foyer en *a*, les rayons rouges, moins réfrangibles, en *c*, et les rayons intermédiaires auront leur foyer sur l'axe entre *a* et *c*. Si l'on place un écran en *o*, on aura une série de cercles concentriques dont le centre est en *o*: le cercle périphérique rouge, les cercles intermédiaires pour les rayons intermédiaires du spectre. Si, au contraire, on

on doit de la distance de la vision normale.

Si on regarde un point lumineux, une bougie, à travers un verre bleu-cobalt qui ne laisse passer que les rayons violets, si on accommode pour les rayons violets, la flamme paraît violette et entourée d'un cercle violet; si on accommode pour les rayons rouges ou qu'on est rouge et le cercle extérieur violet. Soit encore, si on l'éclaire avec la lumière blanche; si on l'éclaire avec la lumière violette. Le meilleur moyen est de prendre comme objet un objet sur lequel sont gravées des divisions et qu'on fixe derrière avec de la lumière colorée. La même chose avec la lumière blanche; si on fixe un barreau de fenêtre qui se voit à travers un ciel nuageux fortement éclairé, et qu'on couvre la pupille avec une carte, le barreau paraît lumineux par une ligne jaune-orangé, à sa partie inférieure, c'est l'inverse si on couvre la moitié supérieure avec la carte.

Des surfaces rouges paraissent plus rapprochées que des surfaces violettes situées dans le même plan, parce qu'on s'accommode plus fortement pour les premières et qu'on en conclut qu'elles sont plus rapprochées.

Le chromatisme de l'œil explique la fatigue de la vision quand on veut voir nettement et à la fois plusieurs objets de couleurs différentes, par exemple des lettres ou des dessins rouges sur un fond blanc. Les lettres ou les dessins paraissent s'agiter (cours

6° Irréularité dans les milieux

Les corpuscules opaques qui projettent leur ombre sur la rétine, en est de même pour les couches de la rétine antérieure et la couche impressionnable (membrane de Jacob). De là, dans certaines conditions, des phénomènes dits entoptiques qui se divisent en phénomènes entoptiques extra-rétiniens et en phénomènes entoptiques intra-rétiniens.

Phénomènes entoptiques extra-rétiniens. — Ils reconnaissent pour cause des corpuscules opaques situés dans les milieux réfringents de l'œil. L'ombre portée sur la rétine par ces corpuscules, d'abord parce que ces opacités n'arrêtent le passage d'une petite partie des rayons lumineux partis d'un point lumineux, et que leur opacité n'est jamais absolue, cependant, en certaines conditions, on peut déterminer la vision entoptique des objets. Il suffit pour cela de prendre une source de lumière et de la placer au foyer antérieur de l'œil. On fait converger les rayons lumineux d'une lampe sur le trou d'une plaque (fig. 205) placée au foyer antérieur de l'œil. Les rayons

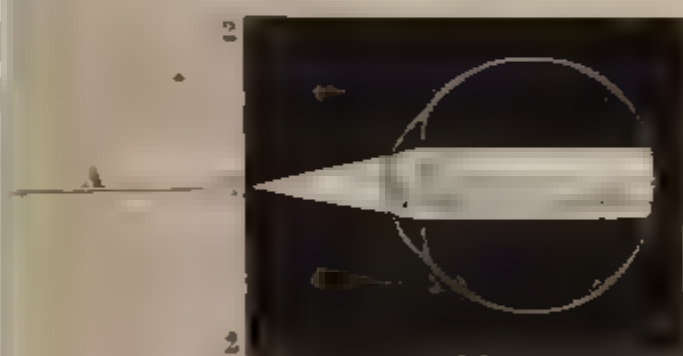


Fig. 205. Phénomènes entoptiques extra-rétiniens.

du point 1 sont parallèles dans le corps vitré et forment un faisceau cylindrique dont la section a la grandeur de la pupille de diffusion qui éclaire la rétine (champ lumineux). Si la même grandeur et la même forme que l'ouverture du trou du point lumineux était située au delà du foyer antérieur, le champ lumineux entoptique serait plus petit que la pupille ; il serait plus grand si le point lumineux était entre l'œil et le foyer antérieur. Les objets opaques placés sur le trajet du faisceau lumineux projettent leur ombre sur le champ entoptique rétinien et forment des images entoptiques pour qu'on puisse distinguer leurs contours, ces images sont toujours renversées et d'autant plus nettes que les objets sont plus rapprochés de la rétine. Dans le cas où la source de lumière est au foyer principal, l'image a la même grandeur que l'objet ; elle est

plus petite si le point lumineux est au delà du foyer principal, plus grande s'il est entre le foyer principal et l'œil.

Ces corpuscules opaques peuvent se trouver dans les différents réfringents, et se présentent sous les formes suivantes. 1° stries et lésions (humeurs et poussières situées sur la face antérieure de la cornée); 2° stries et lignes onduleuses, ou taches tigrées des lames leucos; 3° taches perlées (mucosités) de l'humeur aqueuse; 4° taches et bandes claires, en étoile, lignes rayonnées obscures du corps vitré; 5° corps mobiles, cercles, cordons de perles, plus du corps vitré; 6° mouches volantes. Certains corpuscules sont mobiles, telles les stries dues aux humeurs de la cornée et les mouches volantes du corps vitré, d'autres sont immobiles, comme les opacités du cristallin.

On peut déterminer facilement la position des corpuscules dans l'œil par la direction du mouvement apparent de l'image. Soient trois objets *a*, *b*, *c* (fig. 205, p. 785) situés, *a* dans le plan pupillaire, *b*, en avant, et *c*, en arrière de la pupille, ils forment sur le champ lumineux de la rétine à l'endroit où les lignes qui leur correspondent se rencontrent cette membrane. Si maintenant on déplace le point lumineux 1 comme dans la figure 206, le faisceau lumineux

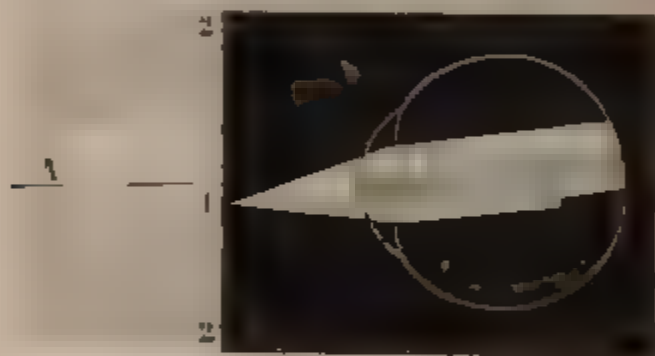


Fig. 206 — Position des corpuscules opaques dans l'œil

oblique et les images des trois objets *a*, *b*, *c*, changeront de position. Pour le corps *a* situé dans le plan pupillaire, l'image conserve sa position par rapport au champ lumineux et ne subit pas de déplacement apparent; l'image du point *b*, situé en avant de la pupille, se rapproche du centre du champ lumineux et par conséquent se déplace de bas en haut sur la rétine, ce qui par suite du renversement des images, donne un déplacement apparent de haut en bas, c'est-à-dire dans le même sens que la source lumineuse; l'image du point *c*, au contraire, s'est rapprochée du bord inférieur du champ lumineux, elle s'est déplacée de haut en bas sur la rétine ce qui donne en fait un déplacement apparent de bas en haut c'est-à-dire en sens inverse du mouvement du point lumineux.

Phénomènes entoptiques intra-rétiniens. — Les couches vasculaires de la rétine sont situées en avant de la membrane de Jacob et les globules sanguins peuvent par conséquent, dans certaines conditions, porter leur ombre sur la membrane impressionnable rétinienne. On peut employer trois méthodes principales pour percevoir la circulation rétinienne sur soi-même.

On concentre la lumière solaire en un point de la surface externe de l'œil, sur la sclérotique, le plus éloigné possible de la cornée, de manière à former, sur la sclérotique, une image petite et très-éclairée de la pupille lumineuse. Si on regarde alors un fond obscur, le champ visuel paraît éclairé par une lumière rouge jaunâtre diffuse sur laquelle se projette le réseau sombre des vaisseaux rétinien ; si on fait voir la source de lumière, le réseau vasculaire paraît se mouvoir dans le même sens.

On dirige le regard vers un fond obscur et on place soit à côté, soit au-dessus de l'œil, une lumière à laquelle on donne un mouvement de va-et-vient. Le réseau vasculaire ne tarde pas à apparaître sur le fond clair.

On regarde le ciel à travers une ouverture étroite à laquelle on donne un rapide mouvement de va-et-vient. Le réseau vasculaire apparaît alors sur un fond clair et se meut dans le même sens que l'ouverture. L'étroitesse de l'ouverture a pour but de diminuer l'étendue de l'ombre portée par les vaisseaux et de lui donner par suite plus de netteté.

Müller a mesuré par ces différents procédés la distance qui sépare les vaisseaux qui portent ombre sur la couche rétinienne sensible et est arrivé à trouver ainsi, que la couche sensible est constituée par les cônes et les bâtonnets.

Worrdt a employé ce procédé pour mesurer la vitesse de la circulation dans les capillaires ; il l'a trouvée ainsi de $\frac{1}{3}$, à $\frac{2}{3}$, de millimètre par seconde.

Absorption et réflexion des rayons lumineux dans l'œil. Lueur oculaire.

Quand les rayons lumineux ont ainsi traversé les milieux transparents pour arriver à la rétine, que deviennent-ils quand ils ont impressionné cette membrane ? La plus grande partie de ces rayons est absorbée par la choroïde et transformée en chaleur ; mais tous ne le sont pas ; une petite partie est réfléchie vers l'avant de l'œil (*lueur oculaire*). Cette réflexion semble, au premier abord, incompatible avec ce fait que la pupille d'un

rétine n'est pas une source de lumière, l'œil ne peut recevoir de rayons et sa pupille paraît noire

Si la pupille de l'albinos paraît rouge, c'est qu'il n'y a pas de pigment, sa choroïde et sa sclérotique réfléchissent la lumière qui vient de côté, et ces rayons traversant la pupille arrivent à l'œil de l'observateur. Si on place devant l'œil de l'albinos une carte percée d'un trou de la même grandeur de la pupille, cette pupille paraît noire. Chez les yeux ordinaires, la carte empêchant les rayons lumineux d'entrer dans l'œil. Chez les individus modérément myopes, on peut même, comme chez l'albinos, voir le fond de l'œil, la pupille rouge, en faisant arriver latéralement sur l'œil une lumière assez intense pour que des rayons lumineux pénètrent dans l'œil ainsi la sclérotique.

Sur un œil myope ou sur un œil qui n'est pas adapté à l'infini, pour une source lumineuse, la lumière réfléchie n'est pas visible pour l'œil de l'observateur; en effet, dans ces cas, l'image de la source lumineuse et celle de la pupille de l'œil ne se forment pas exactement à la rétine, il se fait une diffusion au lieu de deux images nettes, et si ces deux images de diffusion coïncident en partie, la pupille de l'œil peut recevoir des rayons lumineux réfléchis par la rétine et être observée.

C'est sur ce fait qu'est basée l'*ophthalmoscopie* (Examen du fond de l'œil). On éclaire le fond de l'œil.

scopes ainsi que la théorie de l'ophtalmoscopie ne rentrent pas dans le cadre de ce livre (voir les traités d'oculistique).

Chez certains animaux, chats, chiens, etc., le fond de l'œil présente une région dépourvue de pigment et très-réfléchissante (*tapetum* ou *tapetum lucidum*), de sorte que la lumière réfléchi par le fond de l'œil s'aperçoit facilement, pour peu que les conditions soient favorables. Dans l'obscurité absolue, le tapis ne renvoie aucune lumière.

4. — ACCOMMODATION.

1° Caractères de l'accommodation.

On a vu plus haut que les milieux réfringents de l'œil constituent un système dioptrique dans lequel les rayons lumineux obéissent complètement aux lois physiques. Si nous prenons l'œil normal, emmétrope, cet œil est disposé pour que les rayons parallèles venant de l'infini fassent exactement leur foyer à la rétine. Mais à mesure que le point lumineux se rapproche de l'œil, le foyer se fait en arrière de la rétine, et la vision ne serait nette, à cause des images de diffusion, si un appareil particulier n'intervenait et ne modifiait la réfringence des milieux de l'œil pour faire tomber le foyer sur la rétine.

On prouve que l'œil n'est pas accommodé au même moment pour des distances différentes est facile à donner. Si on place sur une règle deux épingles à une certaine distance l'une de l'autre, et qu'on les vise en plaçant l'œil dans l'axe de la règle, il est impossible de les voir nettement en même temps; pendant que

le tableau suivant, emprunté à Listing, montre à quelle distance en avant de la rétine se fait l'image pour les différentes distances de l'objet :

Distance de l'objet à l'œil.	Diamètre du cercle de diffusion sur la rétine.	Distance de l'image en arrière de la rétine.
Infinité	0 ^{mm} ,000	0 ^{mm} ,000
25 ^m ,00	0 ^{mm} ,001	0 ^{mm} ,005
20 ^m ,00	0 ^{mm} ,002	0 ^{mm} ,01
15 ^m ,00	0 ^{mm} ,011	0 ^{mm} ,05
10 ^m ,00	0 ^{mm} ,02	0 ^{mm} ,1
7 ^m ,50	0 ^{mm} ,04	0 ^{mm} ,4
5 ^m ,00	0 ^{mm} ,06	1 ^{mm} ,6
3 ^m ,00	0 ^{mm} ,08	3 ^{mm} ,4

ment, nous ne voyons clairement que les objets éloignés; enfin, dernière preuve de l'œil emmetrope pour les objets éloignés, l'appareil de l'accommodation par l'instillation de l'œil, les objets éloignés sont seuls vus nettement.

Les rayons parallèles venant de l'infini ne font que faire leur foyer à la rétine : jusqu'à 65 mètres les rayons qui partent des objets peuvent être considérés comme parallèles et la vision de ces objets est nette sans l'accommodation.

Mais à partir de cette distance de 65 mètres (Listing, page 789), l'appareil d'accommodation fait un effort d'adaptation qui est d'autant plus énergique que les objets à l'œil se rapprochent. Enfin il arrive un moment où l'effort d'accommodation a atteint son maximum et où la limite de visibilité des objets rapprochés est atteinte : c'est le *punctum proximum* de la vision distincte. Plus près de cet objet, le foyer ne peut plus se faire à la rétine et il y a trouble de la vision. Ce *punctum proximum* de la vision distincte, qui correspond au maximum d'accommodation, peut être apprécié en prenant comme objet un point lumineux : cela le *punctum proximum* varierait avec la distance de l'œil. En général, il se trouve à 12 centimètres de l'œil (Listing, page 789). (Optometrie.)

Le *punctum remotum* correspond donc au minimum d'accommodation et au minimum de pouvoir réfringent de l'œil. Le *punctum proximum* au maximum de l'accommodation.

un d'accommodation et ferait voir nettement un objet au *punctum proximum*. Cette puissance d'accommodation a pour mesure : $\frac{1}{p} - \frac{1}{R} = \frac{1}{f}$, f désignant la longueur focale de la lentille, p la distance du *punctum proximum*, R celle du *punctum remotum* : dans l'œil emmétrope, R étant à l'infini, le pouvoir d'accommodation est représenté par $\frac{1}{p} = \frac{1}{f}$.

On ne sommes pas accommodés pour une seule distance, pour une série de points situés l'un derrière l'autre ; la ligne joignant ces points a été appelée *l'accommodation*. Sa largeur augmente à mesure qu'on s'approche de la distance des objets. Pour les objets très-rapprochés, cette ligne d'accommodation est très-courte et le moindre déplacement les rend indis-

tingibles. Vers 40 ans, bien avant même, suivant quelques auteurs, le pouvoir d'accommodation diminue ; le *punctum proximum* s'éloigne de l'œil, et par conséquent la latitude d'accommodation décroît. Lorsque la distance de P dépasse 22 centimètres, il y a *presbytie* ou *hypermetropie* ; les travaux à des ouvrages fins, surtout le soir, deviennent impossibles. La presbytie augmente peu à peu avec l'âge. Vers 60 ans, le pouvoir d'accommodation = 0.

Dans l'émétropie, l'accommodation présente des caractères particuliers. Chez le myope, où le *punctum remotum* est en deçà de 65 mètres, le pouvoir d'accommodation peut cependant être plus grande que chez l'émétrope, le point P étant, en général, plus rapproché de l'œil. Ce pouvoir peut cependant comme par les progrès de l'âge) s'écarter de la normale ; alors la myopie se complique de presbytie. Dans l'hypermétropie, l'œil est déjà obligé d'accommoder pour la vision à l'infini ; l'hypermétrope commence avec un déficit d'accommodation, le pouvoir d'accommodation atteint très-vite son maximum, et le point P est en général très-rapproché de l'œil ; aussi l'hypermétrope ne voit-il pas distinctement les objets rapprochés et sa latitude d'accommodation est-elle très-petite.

Méthodes. — Les *optomètres* sont des instruments qui servent à l'appréciation du *punctum remotum* et du *punctum proximum*, ainsi qu'à celle des divers degrés d'astigmatisme de l'œil. Les optomètres les plus simples consistent en une épingle, ou un fil, ou un réseau de fils très-fins mobiles le long d'une règle

ou autres, comme l'*optomètre de Stampfer*, reposent sur le prin-

cipe de l'expérience de Scheiner (voir page 776 et servir



Fig. 207 — Optomètre de Verreaux et Mascart.

Fig. 208 — L'appareil est représenté vu d'en haut, vu en coupe et vu de profil. H, tirage pour élever l'appareil. C, caducée avec vis de pression métallique formant le corps de l'optomètre. F, créneau pour l'étude de l'état de la réfraction. E, glissière munie d'un index et portant l'étude dans le corps de l'instrument. G, piston qui ramène la vis de pression la glissière E. L, lentille divergente. J, caducée fixe au tube qui porte l'objet et à l'échelle graduée en degrés. K, objet. L, petit tube pour la chambre et à tirage.

punctum proximum. C'est la distance à laquelle un objet (ligne lumineuse simple à travers deux fentes parallèles.

Un grand nombre d'optomètres plus compliqués, tels que Græfe, Burow, Ruete, Hasner, Javal, etc. La figure 207 représente l'optomètre de Perrin et Mascart, dont j'emprunte la description (*Physique médicale de Wundt*).

Il se compose d'un tube cylindrique en cuivre, portant à ses extrémités, en G, une lentille convergente qui sert d'oculaire et à l'autre extrémité un objet, K, dessiné sur verre noirci et éclairé par une source lumineuse. Dans l'intérieur du tube se trouve une lentille concave dont la longueur focale plus courte que celle de la lentille convexe peut être déplacée depuis l'objet jusqu'à l'oculaire, à l'aide d'un pignon, *f*, agissant sur une crémaillère, E. Selon la position relative par rapport à l'objet, la lentille négative imprime aux rayons émanés de ce dernier des directions telles, qu'en sortant du tube ces rayons présentent à volonté tous les degrés de convergence ou de divergence qui conviennent aux différentes formes de l'œil (hypermetropie et myopie) et aux divers états anormaux de l'accommodation (presbytie, spasme ciliaire, etc.). Un index fixé à l'extrémité F, qui entraîne la lentille concave, affleure une règle graduée en centimètres, *e*, *e*, et donne, par une simple lecture, l'état de la

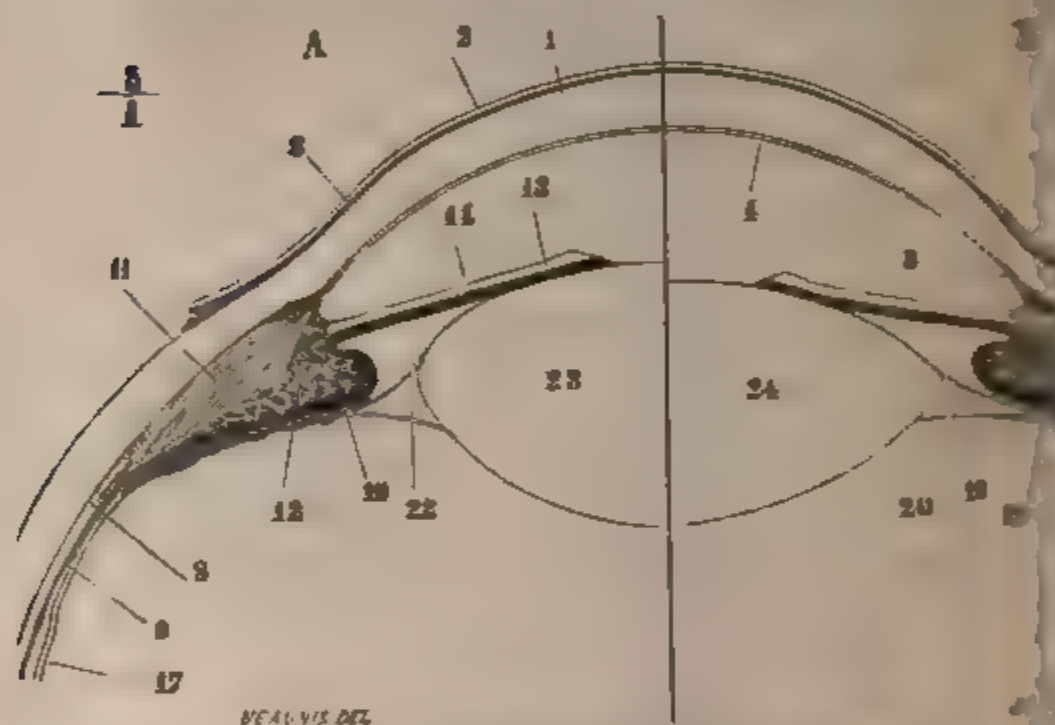
vision. *Des typographiques.* — a) Pour apprécier le *punctum remotum*, on place les lettres de l'échelle à 20 pieds, et on cherche le plus fort verre concave ou le plus fort verre convexe qui les fait voir distinctement. La distance focale du verre donne de suite le *punctum remotum* cherché. b) Pour apprécier le *punctum proximum*, on cherche la plus petite distance à laquelle est vu distinctement le caractère le plus fin des échelles typographiques. Cette appréciation présente des inconvénients à cause de la fatigue de l'accommodation.

2° Mécanisme de l'accommodation.

Il n'est point utile aujourd'hui d'entrer dans le détail des diverses données du mécanisme de l'accommodation. On sait maintenant en toute certitude que le cristallin y joue le principal rôle, et que, lorsqu'il est paralysé (*aphakie*) abolit immédiatement la faculté d'accommodation. (De Græfe.)

En cas d'adaptation (*fig. 208, A*, p. 794), le cristallin devient plus épais, le pouvoir réfringent de la lentille augmente, et le foyer des rayons lumineux est reporté en avant de façon qu'il se fait une image nette.

Pour démontrer ce changement de courbure du cristallin, on s'est servi des images de Purkinje, déjà étudiées à propos de la mensuration des courbures de l'œil (voir page 770). Si l'on assure à l'ophthalmomètre les trois images dans un œil qui regarde un objet très-éloigné et qu'on les mesure ensuite en regardant un objet très-rapproché sans changer la direction du regard, on voit que l'image cornéenne ne se modifie pas, l'image de la face antérieure du cristallin devient plus nette et se rapproche de la précédente, enfin que l'image de la face postérieure du cristallin devient un peu plus nette. Donc, la courbure de la cornee ne change pas, celle de sa face antérieure du cristallin augmente; celle de sa face postérieure du cristallin augmente aussi, mais d'une très-faible quantité (fig. 208).



DE LA VUE DE L'ŒIL

Fig. 208. — Mécanisme de l'accommodation.

Les phénomènes qui accompagnent l'accommodation sont les suivants :

Fig. 208 — A, œil accommodé pour la vision des objets rapprochés. 1, substance propre de la corne. 2, épithélium de la corne. 3, lamelle élastique de la corne. 4, membrane de l'iris. 5, canal de Fontana. 6, sclérotique. 7, choroïde. 8, corps vitré. 9, corps vitré. 10, partie antérieure de la rétine se prolongeant sur les procès ciliaires. 11, muscles ciliaires. 12, arcs fibres orbitaires. 13, nerf optique. 14, nerf optique. 15, nerf optique. 16, partie antérieure de la rétine. 17, division de l'hyaloïde en deux feuillets. 18, feuillet antérieur de l'hyaloïde. 19, feuillet postérieur de l'hyaloïde. 20, dans sa partie soudée aux procès ciliaires. 21, la même dans sa partie libre. 22, canal de l'iris. 23, cristallin dans la vue des objets rapprochés. 24, cristallin dans la vue des objets éloignés.

La courbure de la face antérieure du cristallin augmente, et, au maximum d'accommodation, son rayon de courbure passe de 10 à 6 millimètres.

La courbure de la face postérieure augmente aussi, mais très-peu ; son rayon de courbure passe de 6 millimètres à 5,5 ; le point reste sensiblement au même point. Le diamètre axial du cristallin diminue, son volume restant le même.

La pupille se rétrécit ; le bord pupillaire de l'iris se porte en avant, la grande circonférence, au contraire, se porte en arrière.

La pression intra-oculaire augmente dans la partie postérieure de l'œil.

L'agent de ces modifications oculaires est le muscle ciliaire.

Dans l'accommodation de R à P, il y a une tension musculaire ; dans l'accommodation ou dans le passage de P à R, un relâchement musculaire ; aussi ce passage de P à R se fait-il plus vite que le passage inverse.

C'est ce que montre le tableau suivant de Vierordt :

Distance de l'objet le plus rapproché, P, de l'œil.	TEMPS, EN SECONDES, NÉCESSAIRE POUR L'ACCOMMODATION	
	De R à P.	De P à R.
10 centimètres.	1,18	0,84
11 —	0,94	0,66
12 —	0,83	0,57
14 —	0,77	0,52
16 —	0,64	0,46
22 —	0,60	0,44
28 —	0,49	0,39
34 —	0,43	0,37
40 —	0,30	0,29
52 —	0,24	0,22
64 —	0,20	0,15

De l'action du muscle ciliaire dans l'accommodation. — Le muscle ciliaire est le muscle de l'accommodation, mais son mode d'action n'est pas encore complètement connu. L'explication la plus probable est due à Helmholtz. A l'état normal, le cristallin est aplati par la tension de la zone de Zinn ; si, en effet, on incise cette zone de la capsule du cristallin, le cristallin devient plus bombé qu'auparavant. Les fibres radiées, en tirant en avant le bord antérieur de la choroiée, détendent la zone de Zinn et font bomber la face antérieure du cristallin ; en même temps la pupille et l'iris sont portés un peu en arrière.

Le rôle des fibres circulaires est plus controversée. D'après H. Müller,

que sous le myope la tension de la chambre est en

Cramer a constaté dans l'œil du phoque et des oï-
ments de courbure du cristallin en faisant agir l'œil.
Il est vrai que V. Wittich et Helmholtz n'ont obtenu
négatifs avec les yeux de grenouille et de lapin.

L'accommodation est sous l'influence du nerf mo-
muni. Hensen et Völckers ont obtenu des mouvements
par l'excitation directe des nerfs ciliaires (voir : Nerf
commun).

5. — IRIS ET PUPILLE.

1° *Mouvements de l'iris*

L'iris représente un véritable diaphragme qui
de lumière qui pénètre dans l'œil et arrive à la
n'est pas située exactement au milieu de l'iris;
peu en dedans de son point central, ce qui
direction de l'axe visuel, qui fait, comme on l'a
angle de 5 degrés avec l'axe optique (voir fig.
diamètre de la pupille est de 6 millimètres envi-
vre; il faut remarquer à ce sujet que l'iris et la
plus grands qu'ils ne le sont en réalité; pour les
dimensions exactes, il faut placer l'œil sous l'en-

Le rétrécissement de la pupille est produit p-
culaires lisses (sphincter pupillaire), son élargi-
fibres radiées nées par quelques auteurs. Chez

La principale excitation de la rétine par la lumière; cette action amène une contraction de la pupille, non-seulement l'œil excité, mais encore sur l'œil du côté opposé; cependant la contraction pupillaire de l'œil non excité est un peu moins marquée, à moins que la lumière ne soit très-intense. Chez le chat, au contraire, le rétrécissement pupillaire ne porte que sur l'œil excité. Le rétrécissement de la pupille, à la suite de la lumière, commence en moyenne 0,49 secondes après l'excitation et atteint son maximum au bout de 0,58 secondes.

La rotation de l'œil en dedans ou une forte convergence des yeux produisent un rétrécissement de la pupille; c'est également à cette cause qu'est due la contraction de la pupille pendant le sommeil. Le même effet se remarque dans l'accommodation pour les objets rapprochés; la pupille se dilate au contraire dans la vision au loin.

Une forte excitation des nerfs sensitifs amène, par action réflexe, un élargissement de la pupille (Cl. Bernard); il en est de même des contractions musculaires énergiques, spécialement des mouvements respiratoires. La dyspnée dilate la pupille; cette action, qui disparaît au moment de l'asphyxie, est due à l'excitation du centre dilatateur, car elle ne se produit pas si on a préalablement coupé le grand sympathique.

Certaines substances, comme les narcotiques et surtout l'atropine, dilatent la pupille (*mydriatiques*); d'autres, comme la belladone et surtout la calabarine, la rétrécissent (*myotiques*); les toxiques produisent d'abord une contraction qui est suivie bientôt d'un élargissement.

M. Séguard a montré que la lumière agit directement sur l'iris, en contractant la pupille sans l'intervention du système nerveux. Des variations de température assez considérables pourraient aussi agir comme excitants directs des fibres musculaires de l'iris.

D'après le même auteur, c'est l'iris qui, de tous les organes oculaires, conserverait le plus longtemps son irritabilité. (Voyez *Revue de physiologie*, 1859.)

2° Innervation de l'iris.

L'innervation de l'iris est très-compiquée et présente encore de nombreuses obscurités.

Les *nerfs moteurs* de l'iris viennent du moteur oculaire commun et du grand sympathique.

Le *nerf moteur oculaire commun* innerve le sphincter de l'iris ; son excitation rétrécit la pupille ; après sa section, la pupille se dilate et ne peut plus se rétrécir sous l'influence de la lumière. Anatomiquement, la contraction de la pupille a lieu par action réflexe suite d'une excitation transmise par le nerf optique, l'excitation chimique, mécanique, etc., du nerf optique ou de son bout central si il a été coupé, produit le rétrécissement pupillaire, par contraction du nerf optique entre l'œil et le chiasma dilate la pupille du côté. Quand la section est faite en arrière du chiasma sur la bandelette optique, c'est la pupille du côté opposé qui se dilate et chez lequel le croisement des bandelettes optiques au chiasma est complet, chez l'homme, il n'en est plus de même, l'entre-croisement n'étant que partiel, aussi, dans les cas de tumeurs comprimant la bandelette optique, la dilatation pupillaire existe des deux côtés. Le centre nerveux, qui transmet l'excitation du nerf optique au moteur oculaire commun, est encore indéterminé, l'extirpation du nerf optique est sans influence sur la réaction de la pupille à la lumière. Flourens place ce centre dans les tubercules quadrijumeaux ; après leur extirpation, la pupille reste immobile, chez le lapin, la section de la moitié interne du tubercule quadrijumeau antérieur (qui naît la bandelette optique) est suivie de la dilatation et de l'immobilité de la pupille. (Knoll.)

Le *sympathique* innerve les fibres radiales de l'iris, sa section dilate la pupille (Valentin, Biffi), sa section la rétrécit. Les fibres dilatatrices viennent de la partie inférieure de la moelle et de la partie supérieure de la moelle dorsale, en effet, l'excitation des cornes antérieurs de ces régions amène un élargissement de la pupille qui se rétrécit après leur destruction. Cependant, si le centre dilateur de la pupille devrait être placé plus haut, dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs ; leur excitation élargit, en effet, des deux côtés et surtout du côté excité, et cette dilatation persiste quand les sympathiques ont été coupés. En tout cas, les fibres dilatatrices passent de la moelle, par les racines antérieures, dans les *rami communicantes* et, de là, remontent par le cordon du grand sympathique.

Le *trijumeau* a aussi une action (indirecte ?) sur la pupille. L'excitation de la branche ophthalmique ou du ganglion de Gasser dilate la pupille, leur destruction produit l'effet inverse. Ces fibres dilatatrices ne sont probablement que des fibres motrices et naissent dans le ganglion même car la section du trijumeau avant le ganglion de Gasser ne modifie pas le diamètre de la pupille (voir *trijumeau*).

Le trijumeau fournit aussi les *nerfs de sensibilité* de l'iris.

C. — DES SENSATIONS VISUELLES

1. — DE L'EXCITATION RÉTINIENNE.

1° *Des excitants de la rétine.*

La lumière est l'excitant spécifique de la rétine ; mais outre la lumière, tous les excitants mécaniques, chimiques, électriques, agissant sur la rétine peuvent déterminer des sensations visuelles.

Excitants mécaniques de la rétine. — On sait depuis longtemps que la pression sur l'œil détermine une sensation lumineuse intense ; cette sensation est purement subjective et ne peut amener aucun éclaircissement du champ visuel.

Phénomènes lumineux ou phosphènes (Morgagni, Serre d'Uzès) — Par une pression limitée sont beaucoup plus instructifs. Si, l'œil fermé, les paupières, on comprime l'œil près du rebord orbitaire avec une pointe mousse ou avec l'ongle, on voit un phosphène résultant du renversement des images rétinienne, paraît au côté opposé de l'œil au lieu de se montrer au point comprimé. Ce phosphène présente ordinairement un centre lumineux entouré d'un cercle obscur et d'un cercle clair. Le phosphène a son plus grand éclat quand la pression est vers l'équateur de l'œil, point où la sclérotique a le moins d'épaisseur. Si on comprime la partie externe du globe oculaire, le phosphène se montre à la racine du nez. Une pression modérée et unilatérale fait apparaître dans le champ visuel des images lumineuses vagues, brillantes et changeant rapidement de forme (Purkinje). Un mouvement rapide du regard suffit pour déterminer des apparitions ou de croissants de feu dans la région de la papille optique. Dans l'obscurité on accommode les yeux pour la vision rapprochée, et subitement on accommode pour la vision éloignée, on aperçoit à la périphérie du champ visuel un cercle de feu qui disparaît comme par magie : c'est le *phosphène d'accommodation* de Czermack.

Les excitations mécaniques du nerf optique donnent lieu aux mêmes phénomènes ; quand on sectionne ce nerf, l'opéré perçoit de grandes lumières au moment de la section.

Action de l'électricité, voir : Action de l'électricité sur l'organe

de la rétine par causes intérieures. — Un afflux sanguin considérable, une augmentation de pression intra-oculaire,

des efforts, etc., produisent des apparitions lumineuses variées. quelquefois même, et sans qu'on puisse les rattacher à ces causes, le champ visuel est parcouru par des images fantastiques, ces fantômes se montreraient surtout quand on reste longtemps dans l'obscurité, les yeux fermés, on fixe le champ visuel obscur, que des valeurs peuvent même les évoquer à volonté (Goethe, J. Müller). Il n'est pas douteux que ces phénomènes physiologiques n'aient pour point de départ de bien des histoires d'apparitions et de visions.

Lumière propre de la rétine ; chaos lumineux. — Le champ visuel n'est jamais absolument noir, il présente toujours des variations rythmiques d'éclaircissement et d'obscurcissement isochrones aux mouvements respiratoires, d'après J. Müller, d'autres fois ce sont des formes lumineuses variables, des bandes, des cercles, des senilles qui se montrent sur un champ faiblement éclairé.

Toutes ces apparences lumineuses subjectives ne dépendent exclusivement de la rétine et il en est certainement qui ont une origine cérébrale, car elles peuvent persister après l'ablation des

2° De l'excitabilité rétinienne.

La rétine ne présente pas dans toutes ses parties la même excitabilité à la lumière. A ce point de vue on peut la diviser en trois régions : une région complètement inexcitable qui correspond à la papille du nerf optique, une région où l'excitabilité est nette, tache jaune et fosse centrale, et une région périphérique où l'excitabilité diminue depuis la tache jaune jusqu'à la *serrata*.

A. PAPILLE DU NERF OPTIQUE ; PUNCTUM COECUM. — On sait que les fibres du nerf optique, la papille du nerf optique, ne sont pas impressionnables à la lumière. Ce fait a été démontré pour la première fois par Mariotte, en 1668. Si on ferme l'œil gauche, qu'on fixe avec l'œil droit la croix blanche de la figure 1, on voit, en approchant ou en éloignant la figure de l'œil, à une certaine distance (30 centimètres environ) le cercle blanc disparaître complètement, et le fond noir paraît continu, tant qu'on est colorés ou non colorés, qu'on place sur le cercle blanc ou non, ils paraissent de la même façon. Il faut seulement avoir l'œil fixé pendant tout le temps de l'expérience, de tenir le regard sur la croix blanche.

Il y a donc, en dehors du point fixe, une lacune dans

à cause du renversement des images rétiniennes, celle correspond à une partie située *en dedans* du lieu de la tache ou de la tache jaune, et cette partie n'est autre que la papille du nerf optique, comme il est facile de s'en assurer

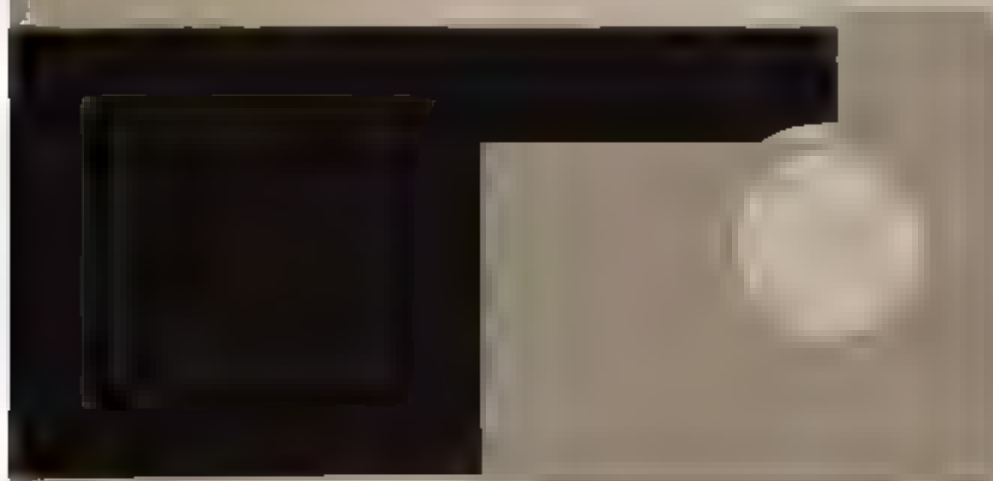


Fig. 209. — Expérience de Mariotte.

sensation. On peut, du reste, le démontrer directement à l'aide de l'ophtalmoscope, si on fait arriver à l'aide de cet instrument une flamme exactement sur la papille optique, le sujet n'éprouve aucune sensation lumineuse.

Le diamètre de la papille est d'environ $1^{\text{mm}},8$, ce qui donne sous un angle de 6 degrés; cet angle détermine la grandeur apparente du *punctum cæcum* dans le champ visuel; ainsi, à une distance de 2 mètres, une figure humaine peut y disparaître. La distance de la tache jaune à la papille est de 4 millimètres environ, ce qui donne un angle de 12 degrés; donc tous les objets vus en dehors du point de fixation sous un angle de 12° échappent au champ visuel.

Le vide dont se remplit la tache aveugle. — On voit par l'expérience précédente qu'il y a une lacune dans le champ visuel, lacune dont nous n'avons pas conscience. Comment se remplit cette lacune? Dans la vision binoculaire, la lacune peut être comblée par les perceptions correspondantes de l'autre œil; dans la vision monoculaire, elle est comblée aussi par les déplacements du regard. Mais ce qui intervient ici, c'est l'habitude et le jugement. Un premier fait, c'est que la lacune se trouve dans la région de la vision indirecte et que, dans les cas ordinaires, nous ne dirigeons guère notre attention que sur les objets qui font leur image sur la tache jaune, région de la vision di-

On pourrait s'imaginer, au premier abord, que le visuel doit se traduire par une sensation de noir. Mariotte indiquée plus haut pourrait le faire croire. On peut, en effet, dans cette expérience, blanc sur fond noir par un disque noir sur fond blanc, toujours le même, c'est le disque noir qui disparaît du blanc. C'est qu'en effet, comme on le verra plus tard, une sensation d'obscurité correspond à l'absence d'excitation d'une partie impressionnable de la rétine, mais il n'y a pas de sensation à laquelle correspond, dans la perception de l'espace situées devant nous et qui n'envoient rien à notre œil. Toute la partie de l'espace située en arrière de nous, ne nous donne aucune sensation lumineuse, pas obscure pour cela. Ces remarques peuvent servir de paille optique; comme elle n'est pas impressionnable, elle ne peut nous donner ni sensation lumineuse, ni sensation obscure; elle est par rapport à la lumière ce qu'est la peau, si l'on veut, la rétine du fœtus qui n'a encore reçu aucune sensation lumineuse; elle ne peut nous donner aucune sensation de départ d'une perception quelconque, il n'y a rien.

Qu'arrive-t-il alors? C'est que nous identifions, comme de H. Weber, cette portion de l'espace, qui n'existe pas, avec l'aspect général du champ visuel; c'est ainsi que nous identifions la couleur du fond noir dans l'expérience de Mariotte avec le blanc, et que nous nous représentons le tout d'après les sensations de blanc. Cette opération intellectuelle inconsciente, comme l'a montré Volkmann, on amène la tache aveugle imprimée, on comble la lacune avec des lettres qui ne sont pas là. Une comparaison ingénieuse d'Helmholtz éclaire tout cela. Nous regardons un tableau taché de taches de couleur.

se la tache aveugle ne peut être démontrée que par des résultats et n'est pas visible immédiatement. En effet, pour la constater observons quels sont les derniers objets que nous pouvons voir, et c'est ensuite en reconnaissant que ces objets ne se trouvent dans l'espace que nous sommes amenés à reconnaître l'existence d'une lacune, sa position dans le champ visuel et sa grandeur.

La dernière question se présente. La lacune, ainsi comblée, a-t-elle la forme de la lacune réelle? Les observateurs sont arrivés sur ces questions à des résultats qui ne s'accordent pas. Pour quelques-uns, une ligne droite, dont le milieu traverse la lacune, paraît raccourcie; d'autres, au contraire, la jugent dans sa longueur véritable. Ces différences sont surtout mises en évidence par l'expérience suivante de Volkmann (fig. 210): On donne à l'observateur la disposition qu'elles ont dans la figure et on fixe le point de fixation droit à 20 centimètres de distance. E se trouve alors dans le champ de vision et disparaît. Or sur ce dessin, pour quelques observateurs, les lettres restantes forment les côtés rectilignes d'un carré, le milieu du carré étant vide; pour d'autres, au contraire, les lettres restantes qui forment le milieu de chaque côté paraissent se rapprocher de la ligne du milieu et on voit quatre arcs, ABC, CFI, IHG, GDA, dont la convexité est vers le centre.

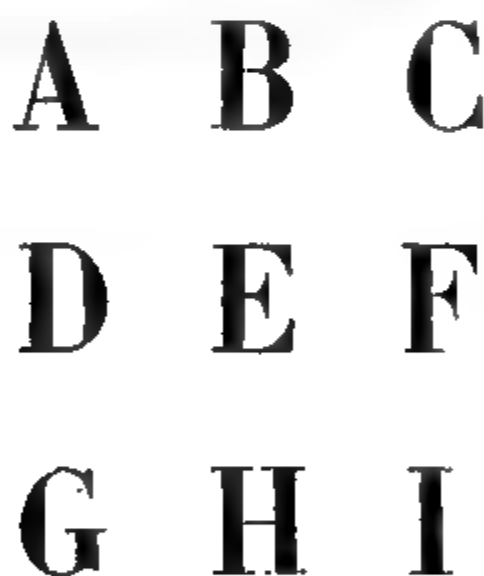


Fig. 210. — Expérience de Volkmann.

Expériences diverses sur le punctum cæcum. — On peut varier de différentes façons l'expérience de Mariotte. Cette expérience peut être faite avec les deux yeux ouverts (Picard); on fixe un papier au mur, à une distance d'environ 20 pieds, et on fait converger les yeux vers le doigt, tenu à une distance telle que, dans les deux yeux, l'image du papier vienne se peindre sur le *punctum cæcum*; alors l'objet disparaît absolument, tandis que, dans ces conditions et avec un point de fixation un peu différent, il paraît double. On peut faire

B. TACHE JAUNE ET FOSSE CENT
fosse centrale sont les régions de
tinguent des autres parties de la ré
par la netteté de la perception des
fixons un objet dans l'espace, nous
de façon que l'image de cet objet
centrale.

La tache jaune a un diamètre horisontal de 0^m,8; ce qui donne un angle de 2 à 4 degrés. La fosse centrale donne un angle dix fois plus petit. Le champ de la vision distincte est excessivement étendu par un angle d'environ 12 minutes; il suffit de joindre les deux extrémités de la tache centrale au centre de la pupille et de l'espace. Il résulte de ce fait que l'œil voit d'une façon distincte, qu'une très-petite lumière, ce qui arrive, par exemple, si, étant à l'obscurité, le visuel se trouve éclairé par une lumière d'un éclair ou une étincelle électrique; d'un très-petit nombre d'objets; ainsi, dans un champ de vision, on ne verra distinctement que cinq ou six objets. D'autre part, les mouvements rapides du globe

facile d'observer sur un lecteur, par exemple, suppléent à cette insistance et la persistance des impressions lumineuses sur la rétine nous fait croire à la simultanéité de sensations qui ne sont que successives.

La détermination des plus petites distances perceptibles a déjà été faite en partie à propos de l'acuité de la vision (page 773). Helmholtz mettait que pour que deux points lumineux pussent être perçus comme distincts, il fallait de toute nécessité que leurs images fussent séparées par une distance plus grande que la largeur d'un cône de la tache jaune ($0^{\text{mm}},002$ environ). Cependant, les expériences de A. Volkmann ont montré que les cônes de la fosse centrale ne sont pas assez fins pour expliquer l'acuité visuelle et que deux points peuvent être encore comme distincts quoique leurs images puissent se faire sur le même élément rétinien. Dans ce cas il faudrait, ou bien abandonner les données les mieux connues de la transmission nerveuse, ou bien admettre alors que les cônes ne sont pas les derniers éléments rétinien, mais que ces éléments doivent être recherchés dans les fibrilles qui, près quelques histologistes, en constitueraient l'article interne. La fosse centrale contient environ 2,000 cônes.

C. PARTIES PÉRIPHÉRIQUES DE LA RÉTINE. — Sur les parties latérales de la rétine, la netteté de la vision diminue à mesure qu'on s'éloigne de la tache jaune et qu'on se rapproche de l'*ora serrata* ; mais cette diminution ne se fait pas avec la même rapidité dans les différentes directions ; elle est plus lente vers la région externe et présente, du reste, des variations individuelles assez notables. La diminution serait plus rapide dans la vision loignée que dans la vision rapprochée. Volkmann et Aubert ont trouvé que pour former des images visibles sur la rétine, les objets situés à 60° en dehors de l'axe visuel devaient avoir un diamètre 150 fois plus considérable que dans le milieu de la tache jaune.

Pour les procédés employés pour mesurer l'acuité visuelle des parties périphériques de la rétine, voir : Helmholtz, *Optique physiologique*, page 297.

3° *Mode et nature de l'excitation rétinienne.*

Il est bien démontré aujourd'hui que les cônes et les bâtonnets sont les seuls éléments impressionnables à la lumière, tandis que la lumière ne produit rien sur les autres couches de la rétine. Mais

terne, la lumière doit donc traverser l'article interne se compose de fibrilles très-fines; l'article externe est une série de petites plaques transversales superposées, comparable à une pile de lames de verre, ces plaques ont toutes à peu près la même épaisseur, mais possèdent un indice de réfraction différent; leur nombre varie suivant l'article externe. Le mode d'union de l'article interne et externe est encore indéterminé, et il est impossible de dire si de l'article interne se continuent avec les plaques de l'article externe; mais ce qui semblerait infirmer cette hypothèse, c'est que chez les animaux, oiseaux, reptiles, le lieu d'union des deux articles est occupé par un globule incolore ou coloré, qui occupe toute l'épaisseur de l'article interne et doit très-probablement interrompre la continuité des fibrilles. Quand ces globules colorés existent, la lumière ne traverse pas l'article externe sans les traverser, et dans ces cas les rayons sont absorbés suivant la couleur du globule; ils paraissent de nature grasseuse, sont, en général, fortement réfringents, et doivent en outre, par leur pouvoir réfringent, exercer une certaine influence sur les rayons lumineux. Dans certains cas, ces globules sont remplacés par des corpuscules réfringents, analogues à des lentilles. Chez l'homme, ces globules colorés n'existent pas dans la région de la tache jaune et de la fosse centrale; le pigment jaune diffus qui forme une couche continue et absorbe au passage une partie des rayons violets. En outre, dans les parties périphériques de la rétine, les vaisseaux capillaires et des globules sanguins de la chorée ont le même effet sur les éléments impressionnables de la rétine. (M. Schultze.)

Quel est maintenant le rôle des deux cellules rétiniques?

table à une réflexion de la lumière, et on pourrait avec Schulze le comparer à une pile de lames minces de verre qui ont, comme on sait, une grande puissance de réflexion; dans ce cas, les vibrations lumineuses seraient renvoyées dans l'article interne, qui serait alors l'élément impressionnable. Cette théorie se rapproche beaucoup de celle qui est adoptée depuis longtemps déjà par Rouget; seulement Rouget prétend que la lumière est réfléchie à la surface de contact des bâtonnets et de la choroïde et que, grâce à la coïncidence presque exacte du centre optique et du centre de courbure de la rétine, les rayons sont renvoyés dans la direction de l'axe des bâtonnets, qui constituent, pour la vision des ondules lumineuses, l'appareil spécial destiné à recevoir les ondules lumineuses. Selon Zenker, au contraire, les bâtonnets de l'article externe, au lieu d'être comme appareil de réflexion, agissent et de renvoyer les rayons dans l'article interne, agiraient en transformant, par une série de réflexions successives à la limite de chaque lamelle, les vibrations lumineuses en vibrations stationnaires (1) qui, par conséquent, s'éteindraient dans l'article externe même et, dans ce cas, cet article externe serait l'élément impressionnable. Il est difficile de choisir entre ces deux hypothèses. Voir aussi : *Vision droite*.)

Mais nous ne sommes pas plus avancés sur la nature de la modification qui se passe dans les cônes et dans les bâtonnets, que ce soit l'article interne ou l'article externe qui entre en jeu. Quelle transformation subissent ces vibrations lumineuses qui disparaissent en grande partie? Est-ce un échauffement (Draper), un effet photochimique (Moser, ?) ou y a-t-il un déplacement de molécules électro-motrices, comme celui qui se produit, d'après Du Bois-Reymond, dans les nerfs et dans les muscles? Holmgren a constaté la variation négative du courant de induction du lapin au moment où les rayons lumineux entrent dans l'œil. La seule chose certaine, c'est que la modification, encore inconnue, que la lumière produit dans les cônes et les bâtonnets, peut agir tout comme excitant sur les parties purement nerveuses de la rétine et se transmettre jusqu'aux centres nerveux.

4^e Conditions de l'excitation rétinienne.

Pour qu'il y ait sensation lumineuse, trois conditions principales interviennent.

Il faut en premier lieu que les rayons lumineux aient une certaine longueur d'ondulation; on a vu plus haut que les rayons

(1) On appelle vibrations stationnaires celles qui se produisent, par exemple, sur une corde fixée par ses deux bouts.

compris du rouge au violet pe
rétine; il faut, en second lieu, qu
certaine durée, et enfin l'excitan
taine intensité.

Durée de l'excitation rétin
soit impressionnée, l'excitation l
membrane pendant un certain te
il n'y a pas de sensation lumineu
neux ne soit très-intense, comme
étincelle électrique dont la durée
durée de l'excitation augmente, l
mais il faut déjà plus de temps
de couleur. (Vierordt, Burckhardt)

Pour déterminer la durée de l'in
ployer des *disques rotatifs* avec d
Sensations de couleur). Mais un proc
Vierordt. Il suspend à un pendule un
lieu d'une ouverture quadrangulaire
lames mobiles de façon à être con
étroite Λ ; derrière le pendule se trou
du pendule se trouve un écran po
laquelle se place l'œil à la distance
osciller le pendule, l'œil est soumis
tout le temps que la fente Λ se tr
facile de calculer ce temps d'après la
lations du pendule.

Exner a recherché la durée d
neux doit avoir pour produire le m
a employé pour cela deux disques
tournant avec une vitesse inégale d
des disques. Il a constaté ainsi qu
et la grandeur de l'objet lumineux
métrique (1, 2, 4, 8), le temps d'ap
maximum de sensation lumineuse
arithmétique (4, 3, 2, 1).

Intensité de la lumière. -
lumière doit avoir une certaine
est trop faible, il n'y a pas de sen
plus que la sensation d'obscurité
constaté, par des procédés très-
lumière un million de fois plus

jour peut encore être perçue. Ce *minimum* d'intensité lumineuse nécessaire à la sensation visuelle varie, du reste, suivant l'état d'excitabilité de la rétine. Ainsi, quand on est resté longtemps dans l'obscurité, la sensibilité rétinienne augmente d'une manière considérable, puis un peu moins vite, et des sources lumineuses d'une très-faible intensité suffisent pour impressionner la rétine. Quand l'intensité de la lumière est trop forte, nous sommes éblouis et la sensation lumineuse fait place à une sensation de douleur très-vive.

Loi de l'intensité des sensations lumineuses. — Procédés photométriques. — Le principe des procédés photométriques les plus employés est que *les intensités de deux lumières sont inversement proportionnelles aux carrés de leur distance à l'écran.*

Le **photomètre de Rumford**, dont l'idée appartient à Bouguer, peut être employé pour mesurer l'intensité des sensations lumineuses. On place dans une chambre obscure, devant un écran blanc, une tige opaque percée par deux bougies, A et B, et qui projette sur l'écran deux ombres, l'une *a* due à la bougie A, l'autre *b* à la bougie B; puis on éloigne une des bougies, A, par exemple, jusqu'à ce que l'ombre correspondante *a* ne soit plus perceptible. Fechner a trouvé que si la bougie B est à 1 mètre de l'écran, la bougie A doit être à 10 mètres pour que l'ombre *a* disparaisse; d'après la loi citée plus haut, les intensités lumineuses de A et de B sont donc dans le rapport de 1 à 100, en vertu de la proportion $l : l' :: 10^2 : 1$, où *l* représente l'intensité lumineuse de B, et *l'* l'intensité lumineuse de A. En prenant *l* comme unité, l'intensité de la sensation lumineuse correspondante à A sera égale à $\frac{1}{100}$, c'est-à-dire qu'une différence de $\frac{1}{100}$ de l'intensité lumineuse peut encore être perçue. La plupart des procédés photométriques sont ainsi basés sur l'exactitude avec laquelle nous jugeons si deux sensations lumineuses sont égales ou non en intensité.

Procédé des disques rotatifs. — L'appréciation de la plus faible quantité de lumière qui peut encore impressionner la rétine se fait plus facilement à l'aide des disques rotatifs (Masson). On trace sur un disque un tire-ligne, et suivant un des rayons du disque, un trait interne dont toutes les parties possèdent la même épaisseur; pendant la rotation, ces lignes noires forment des bandes grises plus ou moins épaisses dont on cherche à distinguer les contours du fond blanc du disque. Soient *d* la largeur des raies, *r* la distance d'un point d'une des raies au centre du disque; si on pose l'intensité du blanc du disque = 1, on a pour l'intensité *h* de la bande grise qui se forme pendant la rotation, $h = 1 - \frac{d}{2\pi r}$, si on considère le trait de tire-

ligne comme absolument noir. On per-
rences d'intensité de $1/150^e$. (Helm

5° *Caractères de l'e*

Persistance des impressio
tion rétinienne suit presque in-
neuse; la période d'*excitation*
elle y est tellement courte qu'il
démontrer; cette modification re-
certaine durée, c'est-à-dire que
encore même après la dispari-
durée, variable du reste, peut
seconde. Si on regarde un m-
brillante et qu'on ferme rapidem-
lampe dans l'obscurité, on v-
image du corps lumineux; c'est
telle positive ou *image consécut*
des excitations lumineuses inter-
sur la rétine avec assez de rapid-
sistent encore quand les nouvel-
la sensation lumineuse, au lieu
ainsi, un charbon enflammé qu'
un cercle de feu; si l'on marqu-
disque noir à une certaine dist-
tourner le disque, on voit un ce-
en est de même si on prend de
teurs noirs plus ou moins éten-
gris uniforme plus ou moins for-
noirs. C'est également à cette p-
miennes que sont dues les courb-
on fait vibrer une corde métall-
est fortement éclairé; et on a
forme des vibrations des cordes

Si dans l'expérience du dis-
brillant, le cercle paraît gris et
de la rétine impressionné ne
court la lumière blanche du
montre que la lumière émise pe-

isque par le point lumineux se comporte comme si elle se répartissait uniformément sur le cercle entier; chaque point du cercle enverra donc moins de lumière à la rétine et ne pourra donner que la sensation de gris.

Pendant tout le temps que dure cette sensation lumineuse persistante, l'excitation rétinienne ne conserve pas la même intensité. A partir de son début, l'excitation rétinienne, ou autrement dit la sensation lumineuse, s'accroît rapidement, puis, après avoir atteint un maximum, elle décroît plus lentement pour disparaître tout à fait. La marche de l'excitation rétinienne pourrait donc être représentée par une courbe tout à fait analogue à la courbe de la figure 52, page 268, en supprimant la première partie (1) qui correspond à la période d'excitation latente que nous avons vue être à peu près nulle. La partie ascendante de la courbe (2) correspond à la période d'augmentation de l'excitation rétinienne, la partie descendante (3) à la période décroissante de l'excitation.

Certains appareils bien connus et devenus populaires, les stroboscopes de Paris, les stroboscopes de Plateau, et les stroboscopes rétinien- (Voy. Helmholtz : *Optique physiologique*, 161.)

l'intensité de la sensation lumineuse est en rapport avec l'intensité de la lumière, et, d'une façon générale, la première augmente quand la seconde s'accroît, mais cette augmentation n'est pas proportionnelle à l'intensité de l'excitation, elle est plus faible. Les recherches de MM. Weber, Fechner, Helmholtz, ont montré que cet accroissement suit, dans des limites très-étendues, la loi psycho-physique de Fechner (voir : *Psychologie expérimentale*), et que ce n'est que pour des intensités de lumière faibles ou très-grandes que cette loi n'est plus applicable aux sensations visuelles.

On a donné le nom d'irradiation à une série de faits qui ont ceci de commun que les surfaces fortement éclairées paraissent plus grandes qu'elles ne le sont en réalité, faits qui s'expliquent tous par cette circonstance que la sensation lumineuse n'est pas proportionnelle à l'intensité de la lumière objective. Ces phénomènes d'irradiation se manifestent sous des formes très-diverses, et sont surtout plus prononcés

quand l'accommodation est inco
paraissent plus grandes; une étoile
d'une petite surface brillante, dans



Fig. 311.

noir paraît plus grand que l'autre, même les mêmes dimensions. Des lignes se confondent : si l'on tient l'œil et la flamme d'une lampe très près, la flamme paraît avoir donné la véritable image de ces phénomènes, dit-il, se réduisant à des points éclairés paraissent s'avancer dans l'obscurité, surfaces obscures qui les avoisinent. Ces phénomènes existent toujours, même dans l'accommodation. Le bord de l'image rétinienne d'une lumière dans une pénombre ou la lumière empiète sur l'obscurité, seulement, nous rattache à la lumière éclairée au lieu de la rattacher au noir. De la loi psycho-physique la sensation de la grandeur des degrés élevés d'intensité lumineuse, nous remarquons beaucoup plus l'éclat d'une image rétinienne que l'affaiblissement d'une image. Cette théorie explique pourquoi les cercles avec la grandeur des cercles de l'astigmatisme (voir : *Astigmatisme*), paraissent allongés dans le sens vertical.

Volkman a observé des faits en contradiction avec la théorie de l'accommodation. Les fins sur un fond blanc paraissent plus grandes, mais il me semble qu'il y a là une erreur. Nous accordons plus d'importance à la grandeur du fond, ce qui nous porte à en exagérer la grandeur.

De la fatigue rétinienne.

Les nerfs sensitifs, la rétine présente toujours, après l'excitation lumineuse, une diminution d'excitabilité qui dure un peu; il faut donc un certain temps pour que la rétine reprenne son excitabilité primitive. Aussi les excitants intermittents agissent-ils avec plus d'intensité sur la rétine que les excitants continus; le maximum d'effet des excitations intermittentes se produit quand ces intermittences ont lieu au nombre de 17 à 18 par seconde, c'est-à-dire quand une nouvelle excitation arrive alors que l'effet de la précédente a cessé. La diminution de l'excitabilité de la rétine par la fatigue explique la persistance de sensibilité de la rétine après un séjour dans l'obscurité. Les *images accidentelles négatives* (voir plus loin) doivent leur existence à la fatigue de la rétine et à l'affaiblissement de son excitabilité.

Purkinje ont remarqué que la fatigue se produit plus facilement dans les parties périphériques de la rétine que dans la partie centrale.

Images consécutives monochromatiques.

Comme nous l'avons vu plus haut (page 810) que, grâce à la persistance des images rétinienne, il peut se produire, dans certaines conditions, une image consécutive ou accidentelle d'un objet lumineux. Les images accidentelles se divisent en positives et négatives, par analogie avec les images photographiques; les images *positives* sont celles où les parties claires et obscures de l'objet se dessinent également claires et obscures; les images *négatives* sont celles où les parties claires se dessinent en noir et vice versa, comme dans un négatif photographique.

Les images accidentelles positives sont d'autant plus nettes et plus durables d'autant plus longtemps que l'excitation lumineuse a été plus forte; pour avoir le maximum d'effet, la durée de l'excitation ne doit pas dépasser un tiers de seconde. Avec un peu de temps les images positives acquièrent une telle netteté qu'on peut distinguer les plus petits détails de l'objet lumineux. Bientôt les parties sombres disparaissent les premières; puis ce sont les parties claires qui s'effacent après avoir passé par des nuances allant du gris au blanc.

Si, pendant que l'image positive est regardée vers une surface fortement éclairée, et cette image négative peut alors voir les plus petits détails soient visibles, l'image négative augmente d'intensité de l'action lumineuse.

Les images accidentelles suivent la tache jaune qui en est le siège de fixation de l'œil et, tant qu'elle est présente, les objets.

L'explication des images accidentelles positives sont dues, comme on sait, à l'excitation rétinienne après la fixation ; les images négatives sont dues à la fatigue et à l'adaptation : les parties qui, avec la première image positive sont devenues fatiguées, quand arrive la deuxième excitation lumineuse, ces parties-là, sont excitées et donnent une image négative obscure.

Cette influence de la fatigue est la suivante : Si on regarde sur fort longtemps un morceau de papier blanc, et qu'on se retourne vers un autre morceau de papier blanc par du papier noir, on voit une image accidentelle du papier blanc par du papier noir, de la rétine excitée par le papier blanc, la rétine où se peint le fond gris, et quand nous enlevons le papier blanc, la place va exciter une partie de la rétine du fond gris, agissant sur une comparaison.

D. — DES SENS

1° Des couleurs

Le mot *couleur* a trois significations : Dans le premier cas, il répond à une sensation particulière de la couleur rouge, la couleur bleue, la couleur verte, par la pensée le nom, empêche l'objet extérieur, vibration de l'air, la couleur de rayons colorés, ra-

rayons qui déterminent en nous la sensation de rouge ou de bleu. Enfin, le terme couleur s'applique encore à la façon dont la surface des corps se comporte avec la lumière : c'est ainsi qu'on parle de la couleur d'un corps ou d'un objet.

Si l'on va plus haut que dans le spectre solaire, on passe par une série de transitions insensibles d'une extrémité à l'autre du spectre, c'est-à-dire du rouge au violet; il y a donc, en réalité, une continuité de couleurs simples, homogènes, correspondant à des fréquences différentes de vibrations, seulement, au point de vue physiologique, il n'y a pas une graduation correspondante de sensations visuelles. Ces sensations, en effet, se groupent autour de quatre couleurs principales, rouge, jaune, vert, bleu, auxquelles nous rapportons toutes les autres, et qui occupent des portions déterminées du spectre, tandis que les couleurs intermédiaires nous paraissent n'être que des formes de transition entre les premières et ne nous semblent pas avoir de qualité particulière.

2° Des couleurs composées.

Outre ces sensations de couleur déterminées par les couleurs simples du spectre, il peut y avoir des sensations de couleur produites quand un point de la rétine est frappé simultanément par plusieurs rayons de durée d'oscillation inégale. Ces nouvelles sensations diffèrent, comme on le verra plus loin, par plusieurs caractères, des couleurs simples du spectre, et surtout par leur particularité, que nous ne pouvons distinguer les couleurs qui entrent dans la composition de la couleur résultante, et qui peut, par conséquent, être impressionnée de la même manière par des combinaisons de couleurs constituées d'une manière différente. Ainsi, la sensation de jaune peut résulter aussi bien de la couleur jaune simple du spectre que du mélange du rouge et de l'orangé.

La juxtaposition simultanée des couleurs simples du spectre sur le même point de la rétine, ou, pour abréger, le *mélange des couleurs simples*, donne naissance à deux ordres de couleurs composées : les *couleurs mixtes*, qui existent déjà dans le spectre, et les *couleurs nouvelles*, qui donnent des sensations nouvelles que

ne produisent pas les couleurs *blanc* et le *pourpre*.

Le *blanc* résulte de la combinaison des couleurs simples, et on appelle celles qui, mélangées deux à deux, suivant l'ordre du spectre, donnent les couleurs complémentaires, c'est-à-dire celles qui, par leur mélange avec le blanc, produisent le blanc, les couleurs complémentaires.

Rouge.
Orangé.
Jaune.
Jaune verdâtre.
Vert.

Le *pourpre* est produit par le mélange des deux extrémités du spectre, le violet et le rouge, et son interposition entre les couleurs spectrales de façon qu'il passe par transition.

Les *couleurs mixtes* sont produites par le mélange des couleurs simples. Le tableau suivant indique les couleurs composées et leurs couleurs simples.

	Violet.	Bleu indigo.	Bleu cyan.
Rouge.	Pourpre.	Rose foncé.	Rose pâle.
Orangé.	Rose foncé.	Rose.	Rose pâle.
Jaune	Rose.	Blanc.	Blanc.
Jaune-vert	Blanc.	Vert.	Vert.
Vert.	Blanc.	Bleu d'eau.	Bleu d'eau.
Vert-bleu.	Bleu d'eau.	Bleu d'eau.	Bleu d'eau.
Bleu cyanique. .	Bleu indigo.		

On voit, par ce tableau, que les couleurs simples, moins éloignées dans le spectre, produisent des couleurs mixtes plus vives.

que l'intervalle entre les couleurs employées est plus grand, et que, si on mélange deux couleurs plus éloignées que deux couleurs complémentaires, le mélange est d'autant plus différent de la couleur simple que l'intervalle est plus petit. On voit aussi qu'une couleur mixte a toujours son analogue dans une couleur simple si on ajoute de la lumière blanche.

Mélange de plus de deux couleurs simples ne produit plus de nouvelles couleurs; le nombre des couleurs possibles est déjà atteint par les mélanges des couleurs simples deux à deux.

MÉTODES POUR LE MÉLANGE DES COULEURS. — 1° *Mélange des couleurs spectrales.* On superpose



deux spectres ou des parties différentes d'un même spectre. Le procédé le plus simple est celui de Helmholtz et ne nécessite qu'un seul prisme. On pratique, dans le volet d'une chambre obscure, une fente étroite en forme de V, dont les branches *ab* et *bc* (fig. 212)

sont à angle droit; derrière cette fente on place un prisme vertical,

ainsi deux spectres représentés dans la figure 213, *αβγα* est le spectre de la fente *ab*, *γδβγ* celui de la fente *bc*, les bandes colorées des spectres se coupent dans le triangle *βδβ* et on obtient ainsi des combinaisons de couleurs simples prises deux à deux.



Fig. 213. — Deux de spectre partiellement superposés.

On a indiqué aussi une méthode plus exacte, mais qui nécessite un appareil plus compliqué.

Méthode de Lambert. (fig. 214, p. 818) On place verticalement sur une table noire une petite lame de verre *a*, à surfaces planes et parallèles, et on place sur la table, en *b* et en *c*, des objets colorés, par exemple des pains à cacheter, si alors on regarde obliquement à tra-

verser. Phys.

vers la lame de verre, on voit à travers la réflexion l'objet *c*, qui paraît alors à la fois de *b* et de *c* a alors la couleur résultante.

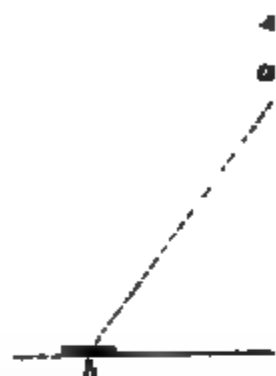


Fig. 214. — Procédé de Lamb.

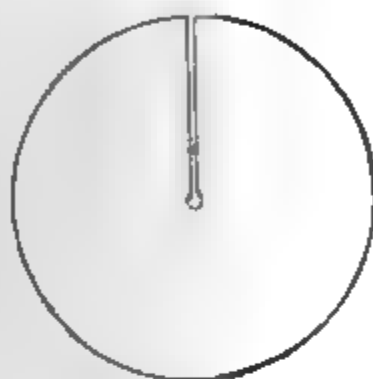
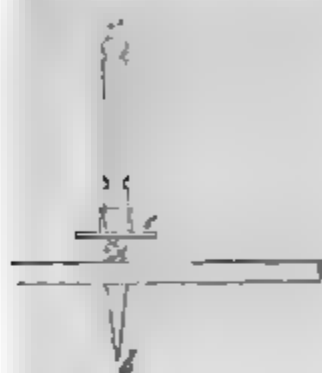
3° *Procédé de Czermack*. C'est l'ancienne méthode modifiée. On place aux deux ouvertures deux lames de verre qui se recouvrent en partie sur la rétine, et on observe leur composition.

4° *Procédé des disques rotatifs*. On place devant l'œil un plan des disques qui portent des couleurs. Si la vitesse de la rotation est suffisante, les impressions produites par les différentes couleurs sur la rétine éveillent une impression unique, celle de la couleur mixte.

Le procédé des disques rotatifs permet le mélange d'un nombre quelconque de couleurs. Ainsi, si on dispose sur le disque des secteurs colorés correspondant aux principales couleurs du spectre, comme dans la figure 215, la sensation résultante est celle de la lumière blanche. Seulement, il faut donner aux différents secteurs colorés des dimensions qui soient dans des rapports convenables. Les angles des secteurs ont des rapports qui sont ceux de Newton et dont voici les nombres

Rouge.	60°45',5
Orange.	34°10',5
Jaune.	54°41'
Vert.	60°45',5

ues sont habituellement mis en mouvement par une toupie, chromatique de Maxwell (fig. 216). Les disques (fig. 217) sont

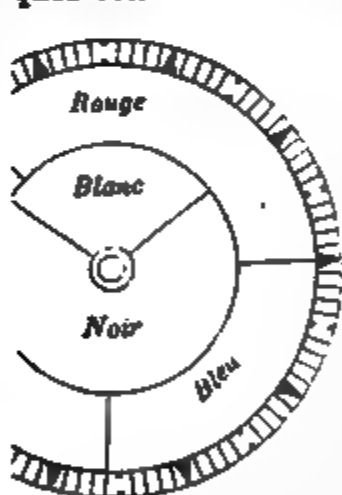


Toupie chromatique de Maxwell.

Fig. 217. — Disque de la toupie de Maxwell.

fort de différentes grandeurs et portent au centre une ouverture par laquelle on les engage dans la tige *ab* de la toupie, et une fente au centre d'un des rayons. Chaque disque est recouvert uniformément d'une couleur, et si l'on en superpose plusieurs en les engageant tous les autres par leurs fentes, on obtient des secteurs dont on peut faire varier à volonté la largeur.

Les disques sont fixés dans une position invariable au moyen d'un



— Superposition des disques.

écrou mobile *c* (fig. 216). Le tout, vu d'en haut, présente l'aspect de la figure 218. On y voit trois disques colorés, rouge, bleu, vert, engrenés les uns dans les autres, et deux disques plus petits, l'un blanc, l'autre noir, engrenés par leurs fentes; le plateau circulaire de la toupie est limité par un cercle gradué, divisé en 100 parties et sur lequel on peut lire les dimensions angulaires de chaque secteur coloré. La toupie peut se remplacer par un disque fixé verticalement sur un axe horizontal et

mis en mouvement au moyen d'une corde et d'une manivelle.

Usage direct de poudres ou de liquides colorants. Ce procédé, épuisé, est très-défectueux. En effet, d'abord des poudres colorées; la lumière qui traverse ces liquides est celle qui n'a pas été absorbée par eux; ainsi les liquides bleus, en général, laissent passer les rayons bleus, moins bien les rayons verts et violets et encore les rayons rouges et les jaunes; les liquides jaunes laissent passer les rayons jaunes, assez bien les rouges et les verts, très-peu les bleus et les violets; il en résulte que le mélange d'un fluide

presque noir; on sait aussi que ce sont les couleurs rouges qui disparaissent les premières au crépuscule.

Quand on augmente l'éclairage, les couleurs à vibrations longues (rouge, jaune) augmentent d'intensité; c'est l'inverse quand l'éclairage est plus faible, ce sont alors les couleurs à vibrations courtes (violet et bleu); ainsi, les paysages que nous regardons travers un verre jaune clair nous paraissent éclairés par le soleil; avec un verre bleu, ils produisent l'effet inverse.

Dans la lumière solaire intense, c'est l'impression du jaune qui domine; dans la lumière solaire faible, c'est celle du bleu, complémentaire du jaune; dans l'éclairage artificiel ordinaire, la lumière est jaune, de sorte que les objets bleus paraissent plus foncés, et les objets jaunes pâlissent. C'est que la nature de l'éclairage et surtout l'habitude de considérer la lumière solaire comme étant le blanc normal pendant le jour, influent sur la détermination du ton et de l'intensité des couleurs que nous avons devant les yeux.

La comparaison de l'intensité des différentes couleurs est à peu près possible. Vierordt a cherché un procédé pour arriver indirectement à ce résultat. Le principe de son procédé est le suivant: Si on laisse passer de la lumière blanche sur un point a d'une surface colorée, par exemple d'une région du spectre solaire, le point a paraîtra blanc quand la lumière blanche sera assez forte. Si maintenant on affaiblit de plus en plus cette lumière blanche à l'aide de verres enfumés dont le pouvoir absorbant est exactement connu, le point a prend de plus en plus le ton de la couleur primitive, et pour un certain degré d'affaiblissement de la lumière blanche la couleur de a ne peut plus se distinguer de la couleur de la région qui lui sert de fond. Plus il faut affaiblir la lumière blanche pour arriver à ce résultat, plus la couleur correspondante a une faible intensité.

Mais dans le spectre ordinaire, la région du rouge jusqu'au milieu du vert est trop rétrécie, et à partir de là le spectre s'étend jusqu'au violet; il résulte que les couleurs rouge, orange, jaune et jaune verdâtre paraissent trop claires, et les couleurs verte, bleue et violette paraissent trop sombres. Pour avoir la véritable intensité lumineuse des différentes couleurs du spectre, il faut par conséquent placer les lignes de Fraunhofer non comme elles le sont dans le spectre prismatique, mais rapprocher dans la région du violet, les écarter dans la région du rouge, autrement dit les placer à des distances correspondantes aux longueurs d'ondulations des différents rayons; on a ainsi le spectre

C'est d'après ces principes que Vierordt a construit le tableau suivant, qui donne l'intensité des différentes couleurs du spectre so

Couleurs.	Régions du spectre. Lignes de Fraunhofer (¹).	INTENSITÉ LUMINEUSE.	
		Spectre prismatique.	Spectre typique (intensité lumineuse véritable)
Rouge. . .	A — a	6	2
	a — a 50 B	80	29
	a 50 B — B	171	69
	B — B 50 C	208	86
	B 50 C — C	281 — 348	129 — 16
Orange .	C — C 50 D	984 — 2520	504 — 15
Jaune . . .	C 50 D — D	2582 — 5997	1616 — 41
	D — D 10 E	7664 — 6450	5677 — 48
Vert	D 10 E — D 36 E	5170	4071
	D 36 E — E	3956 — 2838	3242 — 28
	E — E 17 F	2773	2980
	E 17 F — E 52 F	1972 — 1554	2008 — 18
Bleu	E 52 F — F	1172 — 984	1441 — 11
	F — G	493 — 58	676 — 11
Violet. . .	G — G 50 H	35 — 18	77 — 46
	G 50 H — H	15 — 5	38 — 15
	Au delà de H	1 — 0,3	4 — 1,5

C'est en se basant sur ces données que Vierordt a imaginé l'*analyse spectrale physiologique*, et il a appliqué cette analyse qui, jus n'était utilisée que pour les matières colorantes qui présentent bandes d'absorption, aux matières colorantes qui ne présentent a raie d'absorption. En effet, il a montré que toute substance o possède un pouvoir d'absorption déterminé pour une lumière longueur d'ondulation donnée, et qu'on peut ainsi caractériser et le distinguer des autres corps colorés; en résumé, déterminer *coefficient d'absorption* pour les différentes régions du spectre.

La méthode photométrique de Vierordt est appelée à rendre le grands services à la physiologie; elle permet, en effet, non-seul de reconnaître, mais de doser les matières colorantes, telles que du sang, de l'urine, de la bile, etc., même quand elles se trou quantités si faibles qu'elles échappent à l'analyse chimique ord (Voir Vierordt : *Photometrie der Absorptionsspektren*.)

(¹) Les chiffres placés entre les lettres de Fraunhofer correspond divisions centésimales, la distance entre deux lettres successive divisée en cent parties.

Classification et représentation géométrique des couleurs.

Les caractères qui viennent d'être étudiés permettent de classer les couleurs dans un ordre systématique, et de construire sur des surfaces des figures géométriques représentant graphiquement la classification des couleurs (tables ou cercles chromatiques).

Pour ordonner les couleurs, nous faisons abstraction de la saturation et de l'intensité et nous nous attachons qu'à leur ton, nous pouvons disposer les couleurs en série linéaire, comme dans le spectre solaire; chaque point sur cette ligne correspond à une impression déterminée de couleur. On peut passer par des transitions insensibles d'un point à l'autre, mais cette ligne ne peut être une ligne droite puisque les deux extrêmes, rouge et violet, se rapprochent l'une de l'autre par la notion de ton; la ligne devra donc être une courbe, mais elle ne présentera aucune interruption entre le rouge et le violet, et cette interruption sera comblée si l'on interpose entre ces deux couleurs le pourpre qui, comme on l'a vu, établit la transition entre le rouge et le violet; la courbe des couleurs est alors fermée, et on peut, pour la simplicité, lui donner la forme d'un cercle. Dans ce cas, on place les couleurs sur la circonférence du cercle, de façon que les couleurs complémentaires se trouvent aux extrémités du même diamètre.

Cette construction peut servir encore si on fait entrer en ligne de compte la notion de saturation; dans ce cas, les couleurs saturées (rouge, vert, bleu, jaune, orange, violet, indigo, etc.) sont placées à la circonférence, le blanc au centre du cercle et les différents degrés de saturation, depuis la couleur saturée jusqu'au blanc pur, sont placés sur les rayons du cercle. On a ainsi le *cercle chromatique*.

On peut faire intervenir l'intensité des couleurs et donner à la représentation la forme d'un cône. La base du cône est formée par le cercle chromatique précédent et correspond au maximum d'intensité lumineuse; la pointe du cône répond au noir, et les parties intermédiaires représentent les différents degrés de dégradation d'intensité de chacune des couleurs, de la base à la pointe.

On s'est servi de la disposition des couleurs sur un plan pour la loi du mélange des couleurs. Il supposait représentées par les intensités lumineuses et supposait ces poids placés à

mentales, le rouge, le jaune et le bleu; mais cette est inexacte, il n'existe pas trois couleurs simples qui reproduise les couleurs intermédiaires du spectre; les couleurs spectrales sont toujours bien plus saturées que les couleurs composées. Mais Young posa la question plus exacte, en admettant, pour l'explication de la vision des couleurs, que les sensations colorées puissent être ramenées à trois *sensations fondamentales*, rouge, de vert et de violet. C'est dans ce sens qu'on ne peut pas parler de couleurs fondamentales, mais en se bornant à leur attribuer une réalité objective, comme le fait Young; elles n'ont qu'une signification subjective.

Les conséquences essentielles de l'hypothèse de Young sont les suivantes. Elles se trouvent exposées à Helmholtz (*Optique physique* 382):

1° Dans l'œil trois sortes de fibres nerveuses dont chacune produit respectivement la sensation du rouge, du vert

et du bleu. Une lumière objective homogène excite les trois espèces de fibres avec une intensité qui varie avec la longueur d'onde. La lumière qui possède la plus grande longueur d'onde excite le plus les fibres sensibles au rouge, celle de longueur moyenne excite les fibres du vert, et celle de la moindre longueur excite le plus les fibres du violet. Cependant il ne faut pas nier, mais seulement admettre, pour l'explication de nombre de phénomènes, que chaque couleur spectrale excite toutes les espèces de fibres avec une intensité différente. Supposons les couleurs disposées horizontalement et par ordre (fig. 220, p. 826), du rouge R jusqu'au violet V, les trois courbes représentées indiquent exactement l'irritabilité des trois sortes de fibres. La courbe 1 pour les fibres du rouge, la courbe 2 pour celles du vert et la courbe 3 pour celles du violet.

La lumière rouge excite fortement les fibres sensibles au rouge, et faiblement les deux autres espèces; sensation: rouge.

La lumière jaune excite modérément les fibres sensibles au vert, faiblement celles du violet; sensation: jaune.

La lumière verte excite fortement les fibres du vert, bien plus faiblement les deux autres espèces; sensation: vert.

La lumière bleue excite modérément les fibres du vert et du violet, et faiblement celles de rouge; sensation: bleu.

« Le violet simple excite fortement les fibres qui lui appartiennent, faiblement les autres ; sensation : violet.

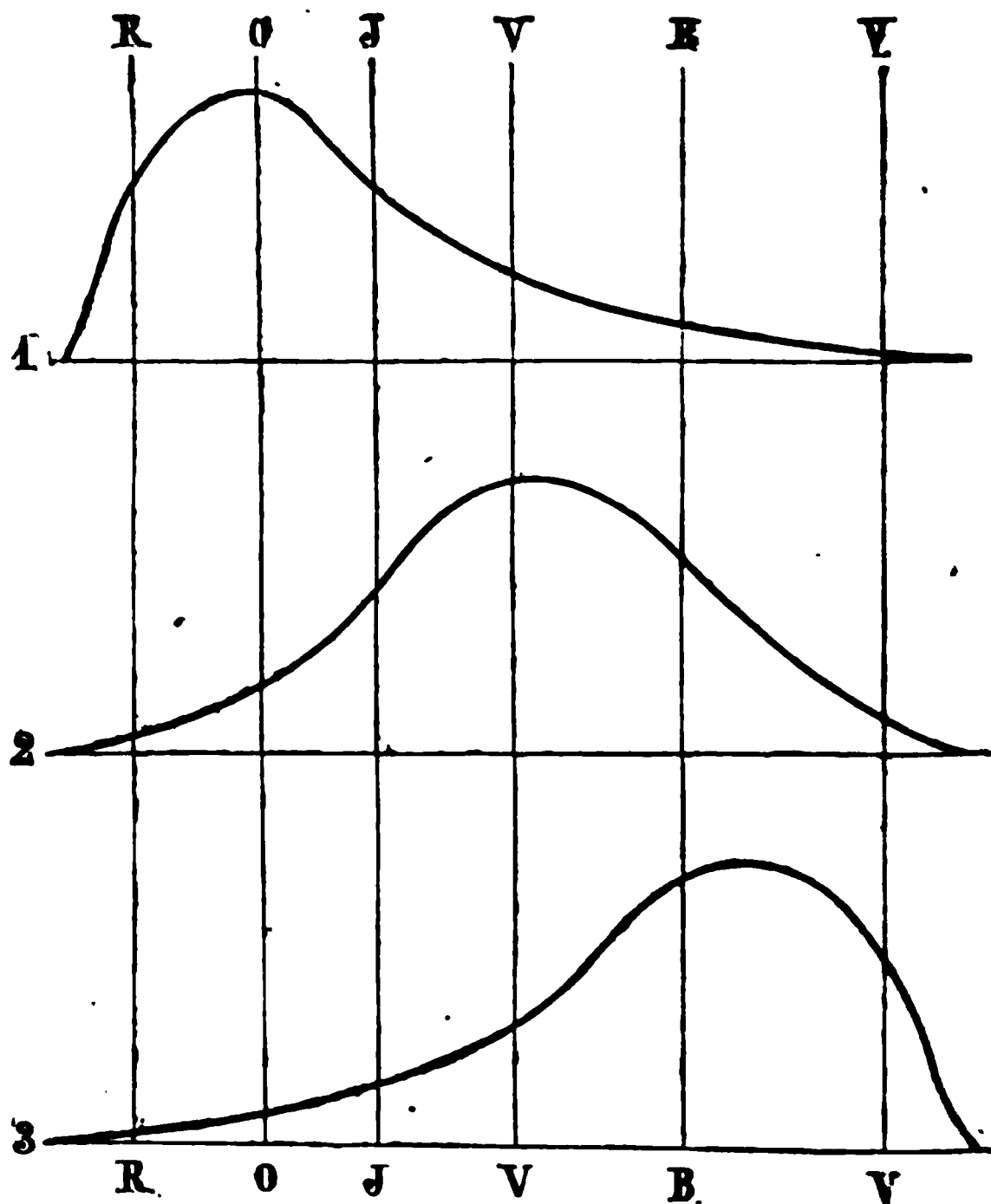


Fig. 220. — Irritabilité des trois sortes de fibres rétiniennes.

« L'excitation à peu près égale de toutes les fibres donne sensation du *blanc* ou des couleurs blanchâtres. »

Telle est l'hypothèse d'Young, adoptée par Helmholtz dans son *optique physiologique*. Quoique cette hypothèse ait été attaquée de plusieurs côtés et, en particulier, par Wundt (*Psychologie physiologique*), Fick et plusieurs autres auteurs, je crois que cette hypothèse doit être conservée jusqu'à nouvel ordre, car c'est elle qui explique le mieux les phénomènes de sensations de couleurs.

La théorie de Young s'appuie surtout sur les faits de *dyschromatopsie*. On appelle ainsi une affection dans laquelle la faculté de distinguer ou plusieurs des couleurs fondamentales est abolie ou diminuée.

mais une *achromatopsie*, c'est-à-dire une *cécité complète pour les couleurs*, dans laquelle l'individu ne distinguerait plus que les différences de clarté et d'obscurité; mais elle n'est pas démontrée. Habituellement, la cécité est *partielle* et porte sur une seule couleur fondamentale. Quand la couleur invisible est le rouge (*daltonisme*), ce qui est le cas le plus fréquent, la partie rouge du spectre paraît noire, et, dans les couleurs composées où entre le rouge, la couleur complémentaire est la visible; ainsi, le blanc paraît vert bleuâtre, le rouge intense et le vert paraissent verts (voir *fig.* 220, p. 826, en supposant la courbe 1 supérieure), et toute distinction entre le rouge d'une fleur et le vert des feuilles, entre les signaux rouges et verts des chemins de fer sera impossible. La cécité pour le vert et pour le violet paraît beaucoup plus rare. La dyschromatopsie s'interprète facilement dans l'hypothèse de Young; elle dépend de l'absence ou de la paralysie plus ou moins complète des éléments rétinien affectés à telle ou telle couleur.

Le cas de l'antoinine fait voir tous les objets en jaune, et cette action de la lumière a été attribuée à une paralysie momentanée des éléments rétinien du violet, paralysie précédée d'une période d'excitation très-brève pendant laquelle on voit tout violet. D'autres auteurs ont attribué cette action à l'augmentation du pigment jaune qui recouvre la tache jaune et la fosse centrale.

La théorie de Young s'appuie encore sur ce fait qu'on peut produire artificiellement la cécité pour une couleur en excitant jusqu'à la saturation la rétine par cette couleur. Si, par exemple, on garde longtemps les yeux des lunettes de verre rouge, il survient un daltonisme temporaire et la rétine devient insensible au rouge: le rouge saturé paraît noir, le rouge blanchâtre gris ou blanc.

On verra plus tard que l'hypothèse d'Young sert aussi à expliquer les images accidentelles chromatiques.

Quels sont maintenant dans la rétine les éléments impressionnables à la lumière colorée? D'après les recherches de Schultze, ces éléments seraient les cônes, tandis que les bâtonnets ne serviraient qu'à la distinction des différents degrés de clarté et d'obscurité, sans sensibilité à la couleur. Les bases sur lesquelles s'appuie cette hypothèse sont les suivantes: 1° Chez l'homme, la facilité de distinguer les couleurs est surtout marquée dans la fosse centrale, où il n'y a que des cônes, et elle diminue graduellement, en même temps que les cônes diminuent en nombre, à mesure qu'on se rapproche de la périphérie de la rétine; 2° Les cônes manquent presque tout à fait chez les animaux nocturnes, comme la chauve-souris, le hibou, etc., et on ne trouve chez eux que des bâtonnets. Chez les oiseaux diurnes, les cônes ont bien la forme de bâtonnets, mais ils sont en rapport avec une seule fibre-axe et présentent une disposition particulière. A la réunion de l'article interne et de l'article externe, se trouve, comme on l'a vu page 806, un globule co-

loré, jaune, rouge ou blanc, qui n'est pas si élément impressionnable que la lumière. Cette disposition vient confirmer l'hypothèse que n'existe rien de semblable. Seule la fibre interne du cône est constituée (Schultze) et l'article externe par les fibres parallèles. Nous avons vu, d'ailleurs, que la vision de couleur et de quelle nature est la lumière serait analysée dans l'organe de Corti, comme dans les lames de verre d'épaisseur 1 (Zenker, *Archiv für mikr. Anatom.*

Le pigment jaune de la tache, pour le rouge et le violet. Du reste les rétiniens affectés au rouge paraissent que les autres : à la périphérie de la tache même manquer tout à fait. Si on regarde le rouge, l'impression porte d'abord nettement rouge ; si alors, sans s'arrêter, on fait mouvoir lentement le pain de sucre sur la rétine dans des points voisins, l'objet paraît de plus en plus bleuâtre et finit par paraître tout

6° Images consécutives

Si on fixe pendant quelque temps le regard sur un fond noir et qu'on regarde ensuite une croix rouge de la croix ; et *homochroïque*, c'est-à-dire de la même couleur, au lieu de fermer les yeux, on voit une croix verte ; l'image consécutive a la couleur complémentaire à celle de l'objet. Les images consécutives ont même intensité que l'image primitive ; elles ont moins d'intensité lumineuse que les images positives ; les images négatives. On appelle

impressionne en premier lieu la rétine et donne consécutive, ainsi, dans le cas ci-dessus, la lumière *rix*, et lumière *réagissante* ou *modificatrice* celle de la rétine après que celle-ci a été modifiée par la lumière; ainsi, dans le même cas, la lumière blanche du *t* donc distinguer des images consécutives *directes* de l'action primitive de la lumière inductrice, et des images consécutives *modifiées* de la lumière positive ou négative.

plus satisfaisante pour expliquer les images consécutives est celle de Fechner, théorie adoptée par Helmholtz et en reste, avec l'hypothèse d'Young exposée dans le précédent. Dans cette théorie, tous les phénomènes s'expliquent par les propriétés de la rétine, par la *persistance de son* et la *diminution de son excitabilité par la fatigue*. Les images positives dans l'obscurité sont dues à la *persistance* sur la rétine; les images complémentaires sont dues à l'*excitabilité* des éléments de la rétine affectés à la fois par la persistance de l'excitabilité dans les éléments et par la persistance de l'excitabilité dans les éléments leur complémentaire de la couleur inductrice.

point de vue, distinguer les cas suivants : Soit un objet et fixé pendant longtemps ; les éléments du rouge se sont devenus inexcitables :

maintenu dans l'obscurité, les fibres du rouge étant fatiguées cessent de donner plus la sensation du rouge ; si maintenant du violet ont été un peu excités (*fig. 220, p. 826*), on suffit pour donner la sensation d'une image complémentaire d'indigo pâle.

de une surface blanche, les fibres du rouge, fatiguées, ne sont plus excitées par les rayons rouges contenus dans la lumière blanche ; les fibres du vert et du violet, au contraire, sont fortement excitées et l'image consécutive complémentaire est intense.

de une surface de la couleur complémentaire, bleu-vert, les fibres du vert et du violet sont fortement impressionnées par la lumière réagissante et l'image consécutive est encore plus intense que dans le cas précédent.

de une surface de la couleur primaire, c'est-à-dire du rouge, les fibres du rouge sont très-peu impressionnées à cause de la fatigue ; les fibres du vert et du violet le sont très-peu (*voir fig. 220*), l'image grise peu intense, résultant de l'excitation des deux espèces de fibres.

de une surface colorée quelconque, cette couleur se

par leurs segments pour rien que de donner à
rotatifs à secteurs noirs et blancs (*disques papillot*
nomènes s'expliquent, pour la plus grande part
Fechner. Il suffit seulement d'admettre que la ma
n'est pas la même pour les fibres correspondant
fondamentale.

La théorie de Plateau est différente. Pour lui,
tires sont dues à une nouvelle action de la rétine,
la première ; après chaque sensation vive de lumi
viendrait au repos qu'en accomplissant une série
feraient passer alternativement par des états oppo
posés correspondraient à la sensation des couleurs.
« Lorsque la rétine, dit Plateau, est soumise à
d'une couleur quelconque, elle résiste à cette action
l'état normal avec une force de plus en plus intense
subitement soustraite à la cause excitante, elle re
par un mouvement oscillatoire d'autant plus énergique
prolongée davantage, mouvement en vertu duquel
d'abord de l'état positif à l'état négatif, puis continue
osciller d'une manière plus ou moins régulière en

D'après Monoyer, ces images consécutives seraient
phorescence de la rétine. Le mouvement vibratoire
par la lumière persiste pendant un temps plus ou
disparaître complètement pour se transformer en
moléculaires. Cette persistance des vibrations explique
ment les images positives et homochromes. Pour
négatives et complémentaires, il invoque la loi de
émissoirs et absorbants et le phénomène connu
nom de *renversement* ou *inversion du spectre* ;

7° *Du contraste des couleurs.*

On regarde deux couleurs placées l'une à côté de l'autre, et on a une tout autre impression que si on regarde chacune d'elles isolément. Chevreul a donné le nom de *contraste simultané* aux influences qu'exercent l'une sur l'autre des couleurs différentes que l'on voit *simultanément* dans le champ de vision, et réserve le nom de *contraste successif* aux phénomènes étudiés dans le paragraphe précédent.

On désigne sous le nom de *couleur induite* la couleur qui est produite par l'effet modificateur d'une couleur voisine, et on appelle *inductrice* celle sous l'influence de laquelle se produit la modification.

On examine, par exemple, un petit objet blanc, gris ou noir sur un fond coloré, l'objet prend la couleur complémentaire du fond. Si l'on place l'une à côté de l'autre deux couleurs complémentaires, chacune de ces couleurs en acquiert plus d'éclat et de pureté.

Les expériences de ce genre peuvent être variées à l'infini. Une des plus intéressantes est celle des *ombres colorées*. On éclaire simultanément une feuille de papier, d'un côté par la lumière affaiblie du jour, et de l'autre par la lumière d'une bougie; la lumière du jour doit arriver par une ouverture assez petite pour donner des ombres nettes; on place devant le papier un crayon qui projette sur le papier deux ombres: une ombre due à la lumière naturelle et qui est éclairée par la lumière jaune-rouge de la bougie, et une ombre de la bougie qui est éclairée par la lumière blanche du jour; cependant cette ombre ne paraît pas rouge, mais bleue, parce qu'elle prend la couleur complémentaire du rouge, c'est-à-dire le bleu. La couleur jaune rougeâtre pâle due à ce que le papier (partie éclairée) reçoit à la fois la lumière blanche du jour et la lumière rouge de la bougie. Si maintenant on regarde le papier par un tube noirci intérieurement, de façon que l'œil puisse voir à la fois la lumière de la bougie et une partie du fond jaune rougeâtre, l'ombre de la bougie paraît bleue; une fois cette sensation de bleu bien développée, on dirige le tube noirci de façon que l'œil ne voie que l'ombre de la bougie et n'ait que cette sensation de bleu, cette coloration bleue persiste même quand on éteint la bougie et on ne reconnaît son erreur que quand on supprime brusquement le tube noirci, alors le bleu subsiste un instant, puis disparaît immédiatement parce qu'on reconnaît son identité avec le blanc.

le blanc qui recouvre le reste du champ visuel lui y a pu rien, dit Helmholtz, qui fasse voir d'une manière plus frappante l'influence du jugement sur nos déterminations de couleurs.

Les mêmes phénomènes de contraste se montrent quand une grande partie du champ visuel est occupée par une couleur variable. Ainsi, si l'on fixe un morceau de papier blanc ou gris devant l'œil et qu'on glisse derrière un verre coloré le morceau de papier, on prend immédiatement la couleur complémentaire du verre coloré. Dans certains cas, quand la couleur inductrice présente une grande luminosité ou lorsqu'on fixe longtemps le même point, l'objet paraît prendre la couleur du champ inducteur après avoir pris la couleur contraire. Ces phénomènes sont moins constants et moins marqués, n'en existent pas moins quand la couleur inductrice n'occupe qu'une petite partie du champ visuel.

Volkman a, le premier, appelé l'attention sur la faculté que nous avons de discerner deux couleurs d'objets placés l'un derrière l'autre. Si on tient très-près des yeux un voile vert on reconnaît très-bien, à travers le voile la couleur des objets, quoique la couleur verte vienne se mêler à toutes les autres couleurs.

Des phénomènes de contraste analogues se présentent dans le cas où le champ induit ne se distingue du champ inducteur que par une faible différence de coloration. Si on prend un disque rotatif blanc et qu'on y inscrive quatre secteurs colorés, trois de ces secteurs, leur milieu par une bande composée d'une moitié noire et d'une moitié blanche, quand le disque tourne, ces bandes, au lieu de donner un anneau gris, comme elles le feraient sur un fond blanchâtre faiblement coloré, donnent un anneau de la couleur complémentaire de celle des secteurs colorés.

Les mêmes phénomènes se présentent avec plus d'intensité encore dans le cas suivant : Soit un disque rotatif dont les secteurs aient la forme représentée dans la figure 221, et soient d'abord les secteurs blancs et noirs comme dans la figure. On voit, pendant la rotation, une série d'anneaux concentriques de plus en plus foncés à mesure

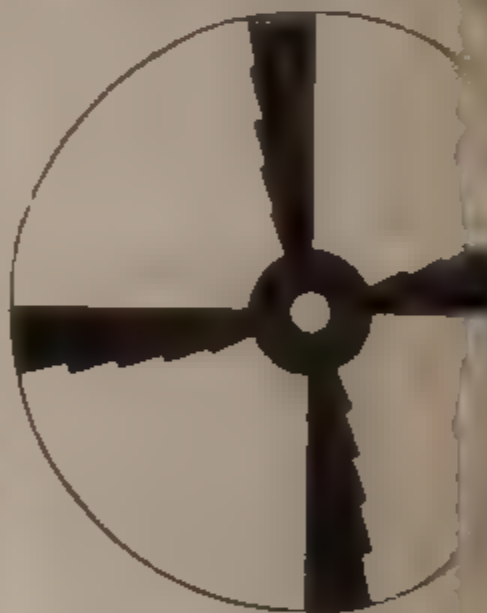


Fig. 221. — Les yeux à gauche.

au centre. Sur chaque couronne, la surface angulaire des faces est constante, et cependant chaque couronne paraît plus pâle à sa partie interne, où elle confine à une couronne plus foncée, qu'à sa partie externe, où elle confine à une couronne plus pâle. Au lieu du blanc et du noir, on prend deux couleurs différentes, le bleu et le jaune, le phénomène devient très-frappant : chaque couronne présente des couleurs différentes à ses deux bords, bien que la coloration soit uniforme sur toute l'étendue de chaque couronne. Si on prend du bleu et du jaune et que le bleu prédomine dans les couronnes extérieures, chaque couronne paraît jaune à son bord extérieur et bleu à son bord intérieur. Ces effets de contraste disparaissent lorsque les contours des anneaux par de fines circonférences d'un même anneau apparaît alors avec la coloration et l'intensité qu'ils ont en réalité. Ces phénomènes de contraste doivent donc être attribués, comme le fait observer Helmholtz, plutôt à des modifications du jugement qu'à des modifications dans la sensation. On peut, au contraire, rattacher les phénomènes de contraste à la théorie des couronnes consécutives.

E. — MOUVEMENTS DU GLOBE OCULAIRE.

Les mouvements du globe oculaire ont pour but de diriger le point de l'espace que nous voulons fixer de façon que ce point vienne à se faire sur la tache jaune, lieu de vision la plus distincte.

Le globe oculaire, au point de vue de ses mouvements, représente une véritable énarthrose, et ses déplacements se font d'après les lois des déplacements des articulations sphériques.

Centre et axes de rotation de l'œil.

Le centre de rotation de l'œil ne se trouve pas exactement sur l'axe optique ; il est placé un peu plus en arrière (de 1 millimètre environ), par conséquent en arrière des points nodaux. Chez les myopes, le centre de rotation est placé plus en arrière ; dans les yeux normaux ; dans les yeux hypermétropes, il est un peu plus en avant.

Détermination du centre de rotation de l'œil. — Procédé de Donders.

On trace d'abord le diamètre horizontal de la cornée à l'aide d'un compas à bords métalliques. Puis on fait viser successivement à droite et à gauche.

doivent être employés dans le cours de ces définitions sont empruntées à Helmholtz.

Dans la vision normale, les deux yeux sont de telle façon qu'ils fixent un seul et même point, *point de regard* ou de *fixation*. On nomme *ligne visuelle* la ligne qui passe par le point de regard et le centre de l'œil; quoique cette ligne soit un peu en dedans de la *visuelle*, qui correspond au rayon non réfracté, on la considère comme coïncidant avec elle. Le *plan de regard* passant par les deux lignes de regard, et on le fait coïncider avec le *plan visuel* ou de *visée* par les deux lignes visuelles. La ligne qui joint les centres des deux yeux et qui forme un triangle avec les lignes visuelles, est considérée comme la base de ce triangle, et appelée *axe optique*.

Les mouvements du globe oculaire peuvent être considérés comme ceux de tous les solides sphériques, autour d'un point fixe, de rotation, mais, pour analyser ces mouvements, on se sert de trois axes principaux, qui correspondent aux axes de l'espace, et qui sont représentés par trois droites passant par le centre du globe oculaire, se coupant à angle droit au centre, et formant donc un *axe antéro-postérieur*, un *axe vertical*, et, par ces axes, on peut faire passer un plan coupant à angle droit, un plan sagittal, un plan transversal ou horizontal (*).

Dans l'état de repos de l'œil, les lignes de re-

et dirigées vers l'horizon, les axes transversaux des deux yeux sont sur une même ligne, *ligne de base*, et les plans transversaux des deux yeux coïncident (*plan de regard*).

2^e Mouvements du globe oculaire.

Supposons d'abord les deux lignes de regard parallèles, comme qu'on regarde au loin, on peut distinguer pour l'œil trois positions, qu'on appelle primaire, secondaire et tertiaire.

1^{re} *Position primaire*. — Cette position correspond à l'état de repos de l'œil, et au moindre effort musculaire possible. La tête droite, et la ligne de regard est dirigée au loin vers l'horizon.

2^{de} *Position secondaire*. — Cette position comprend les mouvements de l'œil autour de l'axe transversal et de l'axe vertical. Dans le premier cas, l'œil tourne autour de l'axe transversal et la ligne de regard (et le plan de regard) se déplace en haut ou en bas et fait avec la position primaire de la ligne de regard avec le plan transversal un angle variable, *angle de déplacement vertical* ou *angle ascensionnel* d'Helmholtz.

Dans le second cas, l'œil tourne autour de l'axe vertical, la ligne de regard se déplace en dedans ou en dehors, et fait avec le plan sagittal primaire un angle, *angle de déplacement latéral*. Dans ces deux cas, il n'y a pas de mouvement de rotation autour de l'axe antéro-postérieur ou sagittal.

3^{es} *Positions tertiaires*. — Ces positions tertiaires comprennent les mouvements dans lesquels il se fait un mouvement de roue du globe oculaire (*Raddrehung*), c'est-à-dire quand l'œil tourne autour de l'axe sagittal ou de la ligne de regard, quelle qu'elle soit, du reste, la position qu'on donne à cette ligne. Ces mouvements de roue ne peuvent se faire isolément; l'œil étant dans la position primaire, il nous est impossible, la tête restant droite et immobile, de le faire tourner autour de la ligne de regard; ce mouvement de roue s'associe toujours aux déplacements verticaux et latéraux de l'œil.

Tout mouvement tertiaire peut donc se décomposer en trois mouvements, une rotation autour de l'axe transversal (*déplacement vertical*), une rotation autour de l'axe vertical (*déplacement latéral*), et un mouvement de roue autour de la ligne de regard. Le mouvement de roue se mesure par l'angle que fait le plan

de regard avec le plan transversal ou holtz; cet angle est ce qu'on appelle *de torsion* de l'œil. Ce mouvement de l'œil tourne dans le même sens que située en face de lui; il est dit *négal*.

Donders a montré que pour une direction de regard, l'angle de rotation est tel qu'il y a un rapport constant entre la rotation et la valeur de l'angle de déplacement latéral. La rotation augmente avec l'inclinaison de positions extrêmes, cet angle de rota

La loi des rotations du globe oculaire la façon suivante : Lorsque la ligne de regard passe d'une position quelconque, l'angle de la seconde position est le même que si l'œil en tournant autour d'un axe fixe perpendiculaire au plan qui contient les deux positions de la ligne de regard (Giraud-Teulon, page 606). Giraud-Teulon propose de formuler de la façon suivante :

Lorsque le regard passe d'une position quelconque à une autre, considéré comme ayant tourné, par simple rotation, autour d'un axe fixe perpendiculaire au plan qui contient les deux positions extrêmes. Il en résulte que le regard est toujours placé dans l'équateur (plan frontal).

Quand les lignes de regard des deux yeux sont convergentes, les résultats ne sont pas les mêmes; les écarts sont d'autant plus considérables que l'angle de convergence est plus grande. Il en est de même pour les yeux.

Procédés pour la détermination des moindres rotations.
Procédé de Ruele par les images accidentelles. On fixe l'œil sur l'image accidentelle d'un ruban noir ou blanc au-dessus d'un mur ou d'une tenture garnie de lignes horizontales et verticales. On fixe le milieu du ruban; puis, sans déplacer le regard sur une autre partie du ruban, on voit une image accidentelle du ruban qui a une direction se reconnaît par les lignes horizontales et verticales de la tenture. On peut en conclure les moindres rotations.

Si on porte le regard directement en haut ou en bas, en partant du milieu du ruban, l'angle de rotation est nul.

ou verticale; conserve sa direction et se confond avec les lignes horizontales ou verticales de la tenture. Il n'y a donc pas eu, dans ces mouvements (positions secondaires de l'œil), de mouvement de roue. Au contraire, on porte le regard dans toute autre direction, l'image accidentelle s'incline et ne coïncide plus avec les lignes horizontales ou verticales de la tenture, et l'inclinaison est d'autant plus déviable que l'on s'écarte plus de la verticale ou de l'horizontale. On dirige le regard en haut et à droite, ou bien en bas et à gauche, l'image accidentelle (du ruban horizontal ou vertical) devient oblique en haut et de droite à gauche; si on porte le regard en haut et à gauche, ou bien en bas et à droite, l'image accidentelle devient oblique en haut et de gauche à droite. La direction des images rétiniques accidentelles dans ces mouvements de roue peut être figurée par deux systèmes de lignes hyperboliques dont la convexité est tournée vers une ligne verticale et une ligne horizontale prises comme axes. La disposition d'une croix de Saint-André, X, peut servir à se rappeler la direction.

Fick et Meissner ont déterminé les rotations du globe oculaire à l'occasion du *punctum cæcum*.

Hueck, défendant une opinion déjà émise par Hunter, avait cru que, dans les mouvements d'inclinaison latérale de la tête, cette inclinaison était compensée par une rotation du globe oculaire autour de l'axe naso-postérieur, de sorte que les méridiens verticaux de l'œil ne cesseraient pas de rester verticaux; mais cette assertion ne peut se soutenir en présence de ce fait que, dans l'inclinaison de la tête, les images accidentelles formées sur la rétine se déplacent dans le même sens et à peu près de la même quantité. Cependant Javal, sur des observations, dit avoir constaté dans une certaine mesure l'exactitude des observations de Hueck.

Pour démontrer les mouvements de l'œil, Donders a imaginé un instrument, le *phénophthalmotrope*, pour la description duquel je renvoie au mémoire de l'auteur (*Journal de l'Anatomie*, 1870, p. 546).

On a admis jusqu'ici que, dans le passage de la position primaire à une position tertiaire, l'axe de rotation restait le même pendant tout le cours du mouvement, et que ce passage se faisait en suivant une ligne droite; mais, en réalité, il n'en est pas ainsi; d'après Wundt, le regard ne suit une ligne droite que dans les cas où les deux points successifs que l'on vise sont sur une même ligne verticale ou horizontale; dans tous les autres cas, le regard décrit, en passant d'un point à l'autre, des arcs de cercle; dans le mouvement du regard en dehors les arcs de cercle

ont leur convexité tournée en dehors; elle est tournée en dedans quand la ligne de regard se porte en dedans.

Les mouvements des deux yeux sont solidaires. Dans les conditions ordinaires, nous dirigeons les deux lignes du regard vers le même point de l'espace. Les mouvements simultanés des deux yeux sont toujours associés; on ne peut à la fois lever un œil et abaisser l'autre; nous pouvons faire converger les lignes de regard pour regarder un objet très-rapproché; mais nous ne pouvons faire diverger ces deux lignes de façon que l'œil droit regarde à droite et l'œil gauche, à gauche. On peut cependant, par l'exercice, arriver à se rendre assez maître des mouvements oculaires pour dissocier, au moins dans de certaines limites, les mouvements des deux yeux.

3° Action des muscles de l'œil.

Pour connaître l'action des muscles de l'œil, il faut d'abord, pour chaque muscle, déterminer la position de son axe de rotation, c'est-à-dire l'axe autour duquel le globe oculaire doit tourner quand le muscle se contracte. Cet axe de rotation est perpendiculaire à la direction du muscle et sa position est déterminée par les trois angles que cet axe de rotation fait avec les trois axes principaux du globe oculaire. Ce sont ces angles que donne le tableau suivant, d'après Fick, l'œil étant supposé dans la position primaire :

Muscles	ANGLES QUE L'AXE DE ROTATION FAIT AVEC :		
	la ligne de regard.	l'axe vertical.	l'axe transversal.
Droit supérieur. . . .	111°, 21'	108°, 32'	17°, 51'
Droit inférieur. . . .	63°, 37'	114°, 28'	37°, 11'
Droit externe. . . .	96°, 15'	9°, 15'	54°, 11'
Droit interne. . . .	85°, 1'	173°, 13'	94°, 11'
Grand oblique. . . .	150°, 16'	90°	60°
Petit oblique. . . .	29°, 44'	90°	115°, 11'

On peut, d'après ces données, résumer ainsi l'action de ces muscles :

1° *Droits interne et externe.* — Leur axe de rotation coïncide à peu près avec l'axe vertical de l'œil; aussi font-ils tourner l'œil à peu près directement en dedans ou en dehors.

le supérieur et inférieur. — L'axe de rotation de ces est horizontal, mais il est oblique en avant et en dedans de la ligne de regard un angle d'environ 70°. Le droit porterait donc le regard en haut et en dedans, le droit en bas et en dedans, si ces muscles agissaient isolément. *le grand et petit oblique.* — L'axe de rotation de ces est horizontal, et dirigé en avant et en dehors; il fait, avec la ligne de regard, un angle d'environ 30°. Le grand oblique porterait donc le regard en bas et en dehors, le petit oblique en haut et en dehors; ces deux muscles produisent, en outre, un mouvement de roue de l'œil.

On voit plus haut que dans tous les mouvements de l'œil, l'axe de rotation se trouve situé dans le plan frontal ou dans le plan vertical de l'œil, à l'exception des mouvements de roue. Or, il faut que l'axe de rotation des droits interne et externe qui soit dans le plan de cet équateur, et, par suite, pour tous les autres mouvements, il faudra le concours de plusieurs muscles. Il en résulte que, suivant le mouvement que le globe oculaire aura, il y aura un, deux ou trois muscles en activité. Le tableau ci-dessous donne les muscles qui entrent en action pour les divers mouvements possibles du globe oculaire.

Direction du regard.	Muscles en activité.
En dedans	Droit interne.
En dehors	Droit externe.
En haut	Droit supérieur. Petit oblique.
En bas	Droit inférieur. Grand oblique.
En dedans et en haut . .	Droit interne. Droit supérieur. Petit oblique.
En dedans et en bas . .	Droit interne. Droit inférieur. Grand oblique.
En dehors et en haut . .	Droit externe. Droit supérieur. Petit oblique.
En dehors et en bas . .	Droit externe. Droit inférieur. Grand oblique.



Le *champ visuel* est déterminé par la la et par sa position par rapport au bord de la co intercepté par les lignes visuelles extrêmes centre de la pupille et tombent sur des part ionnables de la rétine. Comme nous ne voy visuel les objets qui occupent trois dimensio sous deux dimensions seulement, il s'ensuit e apparaissent *comme s'ils étaient sur une surf* visuel se présente comme une surface d'une dans la position primaire, il a la forme d'un c enlevé une lunule à la partie inférieure et q échancrure au côté nasal. Ce champ visuel si de l'œil et se déplace avec lui. Chaque point donc son correspondant sur la rétine, et le que nous fixons correspond toujours au centr et plus l'angle que fait un point du champ v de fixation est considérable, plus la vision est

On peut considérer, en effet, le champ vis l'espace située dans ce champ) comme constitué sphères concentriques dont les centres se trouv de l'œil. Chaque point de l'une quelconque de ces distance du point nodal, et tous les points de l'esp même sphère, font sur la rétine des images syn rapports de distance et de situation sont conservé

rents, et ils donnent sur la rétine deux images différentes dont la place rétinienne dépend uniquement de l'angle intercepté par les rayons, quelle que soit du reste la distance qui sépare l'une de l'autre les deux sphères considérées. C'est ce qu'on exprime en disant que les images rétinienne sont *perspectives*; et, pour égalité de l'angle intercepté, l'image perspective se fait d'autant plus en raccourci que la distance des deux sphères est plus considérable. C'est ce que démontre le premier aspect la construction géométrique de la figure.

Waller a imaginé un instrument, le *périmètre*, très-commode pour mesurer l'étendue du champ visuel.

F — VISION BINOCULAIRE.

La vision binoculaire agrandit le champ visuel, mais elle a tout pour but de nous donner, d'une façon plus complète que la vision monoculaire, la notion de la position d'un objet et également celle de la solidité des corps, ou la perception de profondeur.

1° Vision simple avec les deux yeux.

Si on fixe un objet (*A*), un point, par exemple, avec les deux yeux, de façon que son image tombe sur le centre des deux taches jaunes, ce point est vu *simple*; au contraire, un point *P*, situé en avant du point fixé *A*, fera son image sur les deux rétines dehors de la tache jaune et sera vu *double*; ses deux images sont *croisées*, celle de gauche disparaîtra si on ferme l'œil droit, et réciproquement; un point *R*, situé en arrière du point fixé *A*, sera aussi *double*, et ses images se feront sur les deux rétines, dedans de la tache jaune et du côté nasal, mais ces images seront plus *croisées*: celle de droite appartiendra à l'œil droit, celle de gauche à l'œil gauche, et chacune d'elles disparaîtra quand on fermera l'œil du même côté. On remarque aussi que plus les points *P* et *R* seront éloignés du point *A*, plus les images s'écarteront sur la rétine du centre de la tache jaune et

L'expérience se fait facilement avec trois épingles qu'on pique sur la table à des distances convenables ou simplement avec deux doigts l'un derrière l'autre, en fixant alternativement le plus rapproché et le plus éloigné.

plus la distance des deux images doubles augmentera, en outre, la distance des deux images croisées du point P sera toutes choses égales d'ailleurs, toujours plus grande que celle des images non croisées du point R.

Dans l'expérience précédente, les deux lignes visuelles convergent vers le point A, et l'observation nous apprend que l'objet est vu simple quand il est placé au point d'entre-croisement des deux lignes visuelles. L'expérience suivante est encore plus démonstrative. Si on tient devant chaque œil un tube dont les deux ouvertures des tubes sont vues simples pour un certain degré de convergence des yeux; si la convergence augmente ou diminue, ils sont vus doubles. Il en est de même si on voit par les tubes deux objets semblables, par exemple deux sphères; on ne voit qu'un seul objet, qu'on localise au lieu d'entre-croisement des lignes visuelles.

Il n'est pas nécessaire, pour qu'un objet soit vu simple que son image vienne se faire dans les yeux sur le centre de la tache jaune; un objet est encore vu simple quand son image se fait dans les deux yeux, sur des endroits correspondants des deux rétines. Si on suppose les deux rétines droite et gauche superposées de façon que les centres des deux taches jaunes ainsi que les méridiens verticaux et horizontaux coïncident, les points correspondants des deux rétines se superposeront exactement; la partie supérieure et la partie inférieure de la rétine gauche correspondront à la partie supérieure et à la partie inférieure de la rétine droite, le côté nasal de la rétine droite correspondra au côté temporal de la rétine gauche, et réciproquement et la position des points correspondants des deux rétines pourra être déterminée par leur rapport avec le centre de la tache jaune et les deux méridiens principaux.

On a recherché géométriquement quels sont les points du champ visuel qui vont ainsi former leur image sur des points correspondants de la rétine, et on a donné le nom d'*horoptre* à l'ensemble de ces points. Tous les objets placés dans l'horoptre sont vus simples.

L'horoptre varie suivant la position des yeux.

Dans la position *primaire* des yeux, l'horoptre est un plan perpendiculaire par le sol lui-même. Il en est de même dans les positions *accidentelles* lorsque les lignes de regard sont parallèles et dirigées à l'infini.

les positions *secondaires* avec convergence des deux yeux, il y a : 1° un cercle qui passe par le point fixé et les points de fixation des deux yeux (sont égaux en effet tous les angles qui ont leur sommet à un des points de la circonférence et dont les côtés passent par les points nodaux) ; 2° une ligne menée perpendiculairement aux points de cette circonférence.

Les positions *tertiaires* avec convergence asymétrique et mouvement de la tête, les méridiens verticaux des deux yeux ne sont plus parallèles comme dans les deux premières positions ; cependant ils sont toujours parallèles par rapport au plan médian de la tête. Dans ce cas, l'horoptre est : 1° une droite contenue dans le plan médian, passant par le point de fixation et plus ou moins inclinée par rapport au plan visuel ; 2° un cercle incliné sur le plan visuel et qui passe par un point de la tête et par les points nodaux des deux yeux.

En toutes les positions *tertiaires* avec convergence insymétrique, l'horoptre est une courbe très-compiquée dans laquelle se trouve le point de fixation, et, pour certaines positions de l'œil, c'est une courbe à doublement.

2° Diplopie binoculaire.

D'après les expériences précédentes que tous les objets qui tombent dans l'horoptre, ou qui, autrement dit, ne font qu'une image sur des points correspondants des deux rétines, ne sont pas vus doubles. C'est, en effet, ce qui arrive généralement, mais certaines exceptions très-importantes qui seront étudiées plus loin.

Il faut donc que la présence d'images doubles doit être permanente dans le champ de la vision et que, lorsque nous regardons un objet, en dehors des parties du champ visuel qui sont affectées à la tache jaune, toutes les parties de ce champ qui tombent sur les zones périphériques de la rétine (vision indistincte) donnent lieu à des images doubles. Seulement, à cause de la mobilité et des mouvements continuels des yeux, cette diplopie n'est pas permanente, et, pour la constater, il faut se mettre dans des positions particulières souvent difficiles à réaliser ; il faut d'abord fixer l'œil, en s'assurant un point de fixation bien déterminé ; il faut ensuite donner aux images doubles à distinguer, des contrastes ou des intensités différentes, de façon à rendre leur interprétation comme images d'un même objet.

La diplopie binoculaire se montre non-seulement dans la

vision indirecte, mais elle peut se montrer aussi dans la vision directe. Si on fixe un objet dans le champ visuel, et qu'on déplace un peu un des yeux, les lignes visuelles convergent plus, tout le champ visuel de cet œil se déplace sur celui de l'autre et tous les objets, même le point fixé, paraissent doubles. C'est ce genre de diplopie binoculaire qu'on observe dans le *strabisme*.

Dans les cas précédents, la diplopie était toujours telle que les images d'un point ou d'un objet allaient se faire sur deux points non correspondants des deux rétines. Mais il n'est pas toujours ainsi, et dans certains cas les images formées sur des points correspondants de la rétine peuvent former des doubles.

Ce fait, très-important au point de vue théorique, est démontré par l'expérience suivante de Wheatstone. Soient deux systèmes de lignes (fig. 222) qu'on regarde dans un stéréoscope : G est vu avec l'œil gauche ; D avec l'œil droit ; les lignes AB, A'C sont parallèles et équidistantes l'une de l'autre ; or, si dans le stéréoscope on fixe le point A et A', elles se fusionnent en une seule ligne ; il en est de même de B et B', tandis que C paraît isolément ; ainsi B et C sont vues doubles quoique leurs images tombent sur des points correspondants des deux rétines.

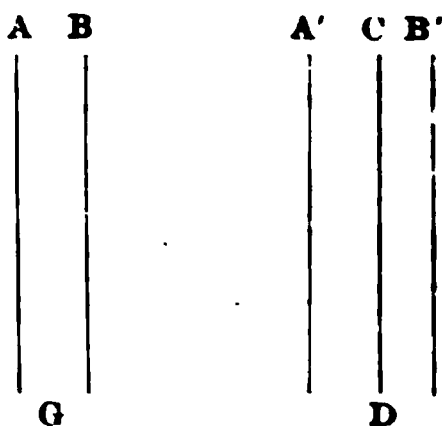


Fig. 222. — Expérience de Wheatstone.

che ; D avec l'œil droit ; les lignes AB, A'C sont parallèles et équidistantes l'une de l'autre ; or, si dans le stéréoscope on fixe le point A et A', elles se fusionnent en une seule ligne ; il en est de même de B et B', tandis que C paraît isolément ; ainsi B et C sont vues doubles quoique leurs images tombent sur des points correspondants des deux rétines.

L'expérience suivante, de Giraud-Teulon, est aussi instructive. Elle détermine sur les deux yeux deux phosphènes, par la pression de deux corps mous, sur des points correspondants des deux yeux. Lorsque les deux phosphènes coïncident et on a une sensation unique, si alors, sans déranger les points d'application des points mous, on fait mouvoir légèrement une des pointes et l'œil sur lequel on pose, on voit deux phosphènes, quoique les deux images tombent toujours sur les mêmes points correspondants de la rétine comme auparavant ; et, ce qui prouve que c'est bien le globe oculaire qui est la cause de la sensation, on voit que si on fixe un point dans le champ visuel, et qu'on déplace un peu un des yeux, les lignes visuelles convergent plus, tout le champ visuel de cet œil se déplace sur celui de l'autre et tous les objets, même le point fixé, paraissent doubles. C'est ce genre de diplopie binoculaire qu'on observe dans le *strabisme*.

et non la pointe qui glisse sur l'œil, c'est que si on répète l'expérience les yeux ouverts, on voit très-nettement une seconde image que l'objet marche en sens inverse du phosphène.

3° *Fusion des images doubles.*

Il vient de voir que les images doubles se fusionnaient quand elles étaient semblables et se faisaient sur des points correspondants des deux rétines. Mais cette fusion peut encore se faire, quand les deux images sont dissemblables et se font sur des points non correspondants des deux rétines, et même, comme nous verrons plus loin, cette différence des images rétinienne est la condition de la perception de la solidité des corps. Cette fusion tient, tantôt à ce que les images doubles ont certaines parties communes et se recouvrent partiellement, de sorte qu'elles sont facilement confondues, comme dans les vues stéréoscopiques, tantôt à ce que les images, sans se recouvrir, sont cependant très-voisines ou très-peu différentes l'une de l'autre; c'est qu'on peut fusionner en une impression simple deux rayons de rayon un peu différent. Mais toujours, dans ce fusionnement, intervient un acte psychique, une tendance au fusionnement des images doubles quand elles ne sont pas trop dissemblables.

La fusion des images doubles se voit surtout bien dans les expériences stéréoscopiques.

4° *Convergence des lignes visuelles.*

La convergence des axes optiques ou des lignes visuelles joue un grand rôle dans la vision binoculaire. Quand nous fixons un objet avec les deux yeux, chaque image rétinienne de l'objet est projetée sur la direction d'une ligne (ligne visuelle) qui passe par l'objet et la fosse centrale, et l'objet, ainsi projeté à l'entre-croisement des deux lignes visuelles, est vu simple. La direction des lignes et la position des yeux nous sont données par la action musculaire, et c'est même d'après le degré de la convergence que nous pouvons juger de la distance absolue d'un objet. Cette influence de la convergence des deux yeux est bien

sensible dans l'expérience des deux tubes noirs, page 842.

Les illusions dues à la convergence se produisent aussi avec un objet très-rapproché, vu par la vision indirecte, nous paraît plus petit et plus rapproché que nous augmentons la convergence visuelles. Il en est de même dans la vision directe d'un objet à travers deux lames de verre faisant entre elles un angle droit, quand le sommet de l'angle est tourné vers les deux yeux, l'objet paraît plus grand et plus éloigné; quand ce sommet est tourné vers l'objet, celui-ci paraît plus petit et plus rapproché. Rolland.

5° Vision binoculaire des couleurs

Quand deux champs colorés différemment sont vus simultanément, par exemple dans le stéréoscope, les résultats varient suivant les conditions de l'expérience, et aussi suivant les sujets expérimentateurs. Les uns, tels que Dowe, Brücke, voient une couleur résultante, tandis que d'autres observateurs, comme Helmholtz et je me rangerais, pour ma part, à son avis, — ne voient rien venir à la voir (¹).

Une expérience curieuse de Fechner montre l'influence de la couleur d'un œil peut exercer sur l'autre. Si on regarde à travers un verre bleu, tandis que l'œil gauche regarde à travers un verre sans verre, l'œil droit a une image consécutive de la couleur du verre, l'œil gauche une image consécutive de la couleur que le verre.

Deux théories principales ont été invoquées pour expliquer les phénomènes de la vision binoculaire: la *théorie des points identiques* et la *théorie de la projection*.

Dans la *théorie des points identiques*, adoptée par Helmholtz, etc., les points correspondants des deux rétines se recouvrent.

(¹) Si je place sur une feuille de papier blanc deux points de couleur différente et que, en amenant une dioptrie les recouvre, je pose les deux images, je vois à la fois les deux couleurs, tantôt l'une domine, tantôt l'autre, ce qui dépend des variations de l'accommodation, et l'image la plus foncée, a moins d'intensité lumineuse que les images plus pâles à cacher.

ppose les deux rétines exactement superposées, et les deux auraient, suivant l'expression d'Héring, être remplacés par un médian. Les objets sont vus simples quand leurs images occupent des points identiques des deux rétines. Il y aurait, dans ce cas, une concordance anatomique et innée entre les deux rétines. Les partisans de la théorie de l'identité s'appuient sur ce fait, qui est vrai d'une façon générale, que les images semblables, faites sur des points correspondant, donnent une sensation simple; ainsi dans l'expérience primitive de Hering, citée plus haut, page 844. Mais il n'en est pas toujours ainsi. L'expérience, modifiée par Giraud Tanlon, montre que des images semblables peuvent se faire sur des points identiques de la rétine et donner lieu à une sensation double; c'est ce que prouve aussi l'expérience de Wheatstone (fig. 222, p. 844). D'un autre côté, les phénomènes de vision stéréoscopique prouvent que des images rétiniennees peuvent se fusionner et donner une seule impression, même quand elles tombent sur des points non identiques. Enfin, il est assez facile de concevoir une concordance anatomique si mathématiquement exacte entre les deux rétines que l'exige la théorie de l'identité.

On a fait subir à cette théorie la modification suivante pour la rendre en rapport avec les faits. Pour lui, chaque point a d'une des rétines n'est pas identique, non avec un point a' de l'autre rétine, mais avec un cercle sensitif A qui lui correspondrait dans l'autre, de sorte que l'image faite au point a pourrait se fusionner avec l'image faite en un autre point a' si les deux points a et a' sont situés dans le cercle sensitif A . On revient simplement à dire que les images se fusionnent d'autant plus facilement qu'elles se font sur des points plus rapprochés des points identiques.

La perception de la profondeur est l'écueil de la théorie de l'identité. On a bien émis l'idée que nous ne percevons la troisième dimension qu'à condition de promener continuellement nos regards sur différents contours des objets, de façon à recevoir successivement des impressions sur des points identiques de la tache jaune, les images de tous les points de ces contours. Mais Dove a montré qu'on peut fusionner des images doubles et stéréoscopiques à l'éclairage instantané de l'électrique.

On fait intervenir une condition nouvelle et considère la perception de la profondeur non comme un acte de jugement et d'expérience, mais comme un attribut inné de la sensation rétinienne. « Il admet que l'excitation des différents points de la rétine provoque des sentiments d'étendue. La première répond à la position sur la rétine de la portion de la rétine correspondante, la seconde à sa largeur. Les sentiments de hauteur et de largeur, dont la somme donne la notion de direction relativement à la position de l'objet, sont égaux pour les points rétinien-

piété.

Dans la *théorie de la projection*, on admet que l'image rétinienne est projetée dans l'espace dans la direction visuelle, direction dont nous avons conscience. Les lignes directionnelles qui accompagnent la position que nous voyons. L'image, ainsi projetée, se localise dans le point d'intersection de ces deux lignes. Cette projection, ainsi conçue, n'explique pas tous les phénomènes de la vision. Par exemple, on place sur une surface blanche deux points nodaux des yeux, et si on arrange la façon que le point droit se trouve dans la ligne de l'œil gauche dans celle de l'œil gauche, on voit le milieu de la distance des deux points, donc la projection de l'image suivant les lignes de direction. Helmholtz qui adopte la théorie de la projection, et les partisans de cette théorie ont exagéré l'importance de la projection, et se borne à dire que nous jetons dans l'espace par un acte psychique, nous nous faisons des objets.

La théorie de l'identité a été appelée aussi *théorie de l'identité* que ses partisans croient, en général, à un *monisme* duquel la notion de l'espace dérive de l'excitation des nerfs nerveuses. Cependant la plupart d'entre eux ne nient et reconnaissent l'influence de l'expérience sur les phénomènes de la vision monoculaire.

La théorie des projections est aussi appelée *théorie de la projection* parce que, d'après le plus grand nombre de partisans de cette théorie, la notion de l'espace et en particulier la notion de la projection est prise par l'expérience seule. Cependant

A. — PERCEPTIONS VISUELLES. — NOTIONS FOURNIES PAR LA VUE.

1. — CARACTÈRES DES PERCEPTIONS VISUELLES.

1° *Extériorité des sensations visuelles.*

Nous rapportons nos sensations visuelles au monde extérieur, par conséquent en dehors de nous, ou plutôt en dehors du monde oculaire, car ce sentiment d'extériorité existe aussi pour les parties de notre propre corps que nous regardons. Mais ce sentiment d'extériorité ne paraît une chose acquise par l'exercice et l'habitude, et non innée, comme le croient beaucoup de physiologistes. Si on détermine un phosphène oculaire par la pression de l'image phosphénienne nous semble, non pas extérieure au monde oculaire, mais localisée à la périphérie même de ce globe, point diamétralement opposé au point comprimé. En effet, si, devant les yeux fermés, nous voulons atteindre avec le doigt un point de l'espace où se produit le phosphène, le doigt vient se poser invariablement à la paupière. Il est difficile de savoir si ces sont les sensations d'un nouveau-né; mais, ce qui est certain, c'est que, dès que l'enfant commence à regarder, il croit que tous les objets qu'il voit sont à sa portée, et avance la main pour les saisir. Un aveugle-né, opéré par Cheselden, s'imaginait, dans les premiers temps, que tous les objets qu'il voyait touchaient ses yeux, de même que les objets sentis sont au contact de la peau.

2° *Vision droite.*

Les images rétinienne sont, comme on l'a vu, renversées, et cette disposition a beaucoup embarrassé les physiologistes et les philosophes qui ont cherché à la concilier avec la vision droite. Je me bornerai à rappeler les théories les plus importantes, et donner ensuite l'explication qui me paraît la plus acceptable.

On croit que nous voyons les objets renversés, mais que l'esprit, par l'expérience acquise par le sens du toucher, a appris à rectifier la notion fournie par la sensation visuelle. Pour J. Müller, quoi-

que nous voyons chacun de leurs points suivant le rayon lumineux qui impressionnent la rétine; la rétine nous donne non-seulement l'excitation nerveuse qui est lumineuse, mais la direction du rayon lumineux. Il me semble, en effet, qu'il y a là la solution du problème. La rétine n'est pas seulement une épaisseur appréciable, et de même que les séries de points contigus de cette membrane situés dans une même ligne nous donnent la sensation d'une ligne transversale, de même les séries successives de points contigus disposés dans une même direction nous donnent la sensation d'un cône ou d'un bâtonnet, et cette ligne nous indique la direction du rayon lumineux. Il me semble, en effet, qu'il y a là la solution du problème. La rétine n'est pas seulement une épaisseur appréciable, et de même que les séries de points contigus de cette membrane situés dans une même ligne nous donnent la sensation d'une ligne transversale, de même les séries successives de points contigus disposés dans une même direction nous donnent la sensation d'un cône ou d'un bâtonnet, et cette ligne nous indique la direction du rayon lumineux. Les images pourraient donc, dans ce cas, être localisées suivant la direction du rayon lumineux. Les images pourraient donc, dans ce cas, être localisées suivant la direction du rayon lumineux. Les images pourraient donc, dans ce cas, être localisées suivant la direction du rayon lumineux.

Mais il faut, en outre, faire intervenir un autre problème. Quand nous parlons d'objets droits et d'objets courbes, nous rapportons toujours les objets à une

ement correspondant de la tête renversement en arrière). Il en est de même pour ce qui est en bas, à droite, à gauche, et ces mots nous indiquent le sens pour nous que par les relations qu'ils expriment avec les autres parties de notre corps.

Il est de la plupart de ceux qui ont cherché à expliquer la vision. C'est cette idée que le sujet est censé observer sa propre rétine. Il a une connaissance innée de la forme de cette membrane et de la position qu'y occupent les différentes extrémités nerveuses; en d'autres termes, nous ne connaissons pas plus l'image rétinienne que nous ne connaissons les muscles qui entrent dans un mouvement donné; nous ne connaissons uniquement des sensations qui sont en relation de coexistence et de succession avec d'autres sensations soit de même nature, soit de nature différente, et à ce point de vue on pourrait dire, avec vérité, qu'il n'y a même pas lieu de poser la question de la vue avec les images renversées. Nos perceptions, en effet, ne sont pas les images des objets, mais des actions des objets sur nos organes; elles ne sont pas objectives, mais subjectives (*).

3^e Localisation des perceptions visuelles.

La question de la localisation des perceptions visuelles dans l'espace a déjà été traitée incidemment dans le paragraphe précédent, à propos des théories de la vision droite, cependant, elle demande quelques éclaircissements.

Il s'agit d'abord la vision monoculaire. Une première remarque générale est, c'est que la localisation d'une perception visuelle ne peut se faire que par comparaison avec d'autres perceptions visuelles et par relation avec la position même de l'œil et de la tête. Supposons l'œil plongé dans l'obscurité la plus profonde; qu'on fasse apparaître soudainement un point lumineux, nous aurons, en fixant ce point, la notion de sa position par rapport à la position de l'œil et de la tête, mais nous n'aurons aucune notion de sa position dans l'espace. Qu'on fasse apparaître un deuxième point lumineux, nous pourrions alors localiser le deuxième point lumineux par rapport au premier, et nous saurions s'il est situé au-dessus, au dessous, en dehors ou en dedans. La localisation des perceptions visuelles exige donc la coexistence ou

selon la théorie de Rouget (voir page 807), les rayons lumineux n'agissent sur les bâtonnets et les cônes qu'après leur réflexion sur la choroïde; c'est par les contractions optiques de l'œil que l'on trouve redressée l'image et le renversement physique est compensé et annulé. (Note de M. Duval sur la rétine, p. 107.)

la succession de plusieurs impressions visuelles que nous avons dans l'espace, dans des positions réciproques en rapport avec la position réciproque des points rétiniens excités.

Nous pouvons considérer trois directions principales correspondantes aux trois dimensions de l'espace : la direction transversale, la direction verticale (hauteur), la direction sagittale (profondeur) : ce qui a été dit plus haut, la localisation de points lumineux sur une direction transversale ou verticale sur une ligne transversale ou verticale ou autrement dit la *localisation en surface* d'un objet présente aucune difficulté et nous voyons, soit simultanément si l'œil est immobile, soit successivement quand l'œil se déplace, les points d'une ligne transversale ou verticale en même temps que la série des impressions simultanées rétiniennes ou musculaires nous donne la notion de la direction de cette ligne. Mais pour la direction sagittale il n'en est plus de même : nous ne pouvons voir qu'un seul point de cette ligne à la fois, si nous avons (fig. 223), une série transversale d'éléments rétiniens AB,

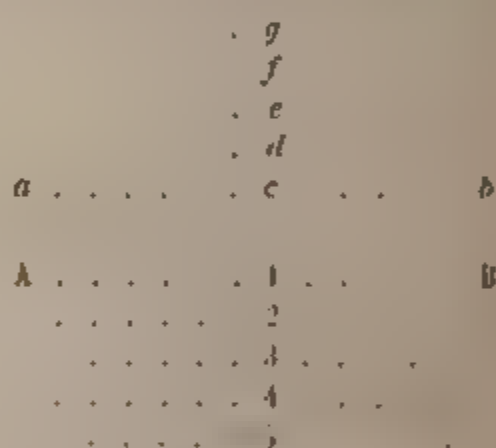


Fig. 223. — Localisation des perceptions visuelles.

de ces éléments constitué par un certain nombre d'éléments petits, 1, 2, 3, 4, situés dans l'axe de chaque élément principal. D'autre part, la ligne transversale *ab*, située dans l'espace et constituée par une série de points juxtaposés, chacun de ces points impressionnera un des éléments rétiniens et on aura la perception d'une ligne transversale, les points rétiniens impressionnés étant juxtaposés les uns aux autres en série continue, suivant une direction transversale. Il n'en sera plus de même pour les points *c, d, e, f, g*, situés dans l'espace en série linéaire, suivant la direction sagittale : un seul des points *c*, impressionnera l'élément rétinien correspondant et nous pourrions donc voir à la fois qu'un seul point de la ligne *ab*. Mais nous aurons, malgré cela, la notion de la direction de cette ligne si nous supposons chaque élément rétinien formé par la série de points

5 impressions, 1, 2, 3, 4, 5, situées l'une derrière l'autre; la notion de direction sera encore plus nette et il viendra s'y adjoindre la notion réelle de la profondeur de l'espace si nous accommodons successivement, pour les différentes distances de la ligne *cg*, de façon que les divers points de cette ligne viennent exciter successivement le même élément rétinien. Il se passe là le même acte, acte musculaire, quand nous déplaçons l'œil horizontalement le long d'une ligne transversale, de façon que chacun des points de cette ligne fasse successivement son image sur le même élément rétinien. Seulement, cette notion de la profondeur est bien moins nette que les notions des deux autres dimensions de l'espace, et c'est précisément le but principal de l'accommodation binoculaire de donner à cette perception de la profondeur toute sa puissance et toute sa netteté.

4° Continuité des perceptions visuelles.

Des excitations lumineuses *simultanées* excitent des éléments distincts de la rétine; ainsi, une ligne transversale excitera cent points, je suppose, en série transversale; mais, chaque élément impressionné donnant une sensation *distincte*, il devrait y avoir, comme résultat final, perception de cent points juxtaposés en une ligne transversale et non perception d'une ligne *continue*. En résumé, nous devrions voir une sorte de *mosaïque* analogue à certains dessins pointillés. Il faut très-probablement faire intervenir ici l'influence de l'habitude et cette tendance au fusionnement des images, déjà mentionnée plusieurs fois dans le cours du chapitre. Il n'y a qu'à se reporter au mécanisme par lequel se comble la lacune du *punctum cæcum* (page 801) pour prendre facilement comment nous arrivons aussi à combler ces petites lacunes que l'indépendance des éléments rétiniens produit dans le champ visuel. Ce qui semble parler en faveur de cette hypothèse, c'est que, dans certains cas, ces lacunes sont visibles et perceptibles. Ainsi, le matin surtout, au moment du réveil, il survient quelquefois, soit par des actions mécaniques, soit sous l'influence d'une impression lumineuse vive, soit sous une cause appréciable, des phénomènes entoptiques consistant en points colorés (ordinairement bleuâtres ou violets) disposés avec une régularité admirable qui rappelle tout à fait la disposition des cônes sur la tache jaune, et séparés par des intervalles réguliers; la figure est trop régulière pour que l'excitation ait

porté seulement sur quelques-uns des autres, et on ne peut guère s'attendre à la localisation d'une région localisée de l'excitation. Elle se fait d'une façon inaccoutumée et nous percevons chaque excitation comme indépendante; la mosaïque ne

2. — NOTIONS FONDAMENTALES

1° Grandeur

Le champ visuel n'a, pour nous, de limites déterminées. Nos notions sur la grandeur des dimensions de l'image rétinienne sont une appréciation de la distance. Le jugement joue un rôle dans l'appréciation de la grandeur, et l'exercice et de l'habitude. Dans le processus du glissement oculaire interviennent encore, cette notion de la distance, et de comparer deux grandeurs.

Illusions de la grandeur. — L'appréciation exacte des différences de longueur est beaucoup plus difficile, à comparer une ligne verticale à une ligne horizontale nous paraissent plus longues; quand on veut les comparer, on se rend compte que la distance cd (fig. 224) nous paraît plus longue que la distance ab .

a

c

Fig. 224. — Illusion de la grandeur.

qui est séparée par des points inégaux, nous paraît plus grande. Les objets situés devant nous, nous paraissent plus grands dans la direction duquel l'œil ne rencontre pas de comparaison. Aussi la vision est-elle hémisphérique, mais celle d'une

2° Distance des objets à l'œil.

La distance des objets à l'œil peut s'apprécier par la vision monoculaire seule. Dans ce cas, cette appréciation se base, en premier lieu, sur la grandeur apparente de l'objet (angle visuel), et sur la comparaison de cette grandeur avec celle d'autres objets voisins intermédiaires déjà connus; un autre élément intervient, c'est ce sont les caractères mêmes de l'image, sa netteté, son relief, les détails plus ou moins nombreux qu'il nous est permis de distinguer. Aussi, dans les pays montagneux, où l'air est plus pur et plus transparent, les habitants des plaines se trompent-ils souvent sur la distance des montagnes qu'ils aperçoivent à l'œil nu et qui leur paraissent plus rapprochées qu'elles ne le sont en réalité, à cause de la netteté de leurs contours. L'accommodation, même seule et en l'absence de toute autre condition, peut nous servir pour l'appréciation de la distance, mais seulement pour le passage de la vision éloignée à la vision rapprochée.

Dans la vision binoculaire, nous sommes renseignés sur la distance d'un objet par le sentiment que nous avons du degré de convergence des deux lignes de regard, autrement dit, par une sensation musculaire. Cependant l'appréciation de la distance visuelle est souvent très-difficile et expose, comme l'ont montré Judd et Helmholtz, à des illusions assez considérables. Si, les yeux étant fermes, on tient un crayon à une certaine distance du nez et qu'on cherche à amener les yeux dans une position telle qu'on le fixe au moment où on ouvre les yeux, la plupart du temps la convergence est insuffisante et le crayon paraît plus éloigné qu'il ne l'est.

3° Direction.

Comme la rétine est sphérique, les lignes droites, quand elles ont une certaine longueur, présentent toujours une courbure appréciable. Si nous tenons une règle horizontalement au-dessus de l'œil, son arête offre une concavité inférieure; si elle est au-dessous de l'œil, une concavité supérieure. L'appréciation de la

direction des lignes ne se fait pas exactement de la même façon pour les deux yeux. Si on trace deux lignes se coupant à angle droit, l'une horizontale, l'autre verticale, pour la plupart des individus, pour l'œil droit, les angles situés à droite et en haut, bas et à gauche, paraissent obtus, les autres aigus, et c'est l'inverse pour l'œil gauche.

Dans la vision indirecte, l'estimation de la direction est encore incertaine; si on se penche au-dessus d'une grande table de façon à n'avoir plus, dans le champ visuel, de ligne droite qui puisse servir de point de repère, et que, fixant un point de la table, on cherche à placer trois pains à cacheter en ligne droite, à une certaine distance du point de fixation, on s'apercevra qu'on les dispose toujours suivant une courbe dont la convexité est tournée vers le point de fixation.

L'expérience suivante, due à Zoellner, est un exemple curieux d'illusions de direction. On trace, à la distance de 5 à 8 millimètres les unes des autres, une série de bandes verticales, et, par couples, des bandes parallèles; puis, sur chacune de ces bandes verticales, on trace des lignes parallèles égales et équidistantes qui les croisent obliquement en les disposant de façon que leur obliquité soit de sens inverse pour deux bandes verticales voisines, dans une figure ainsi disposée, les bandes noires, au lieu de rester parallèles, paraissent converger vers le centre et semblent prendre une direction inverse de celle des lignes obliques qui les coupent.

4° Solidité des corps; stéréoscopie.

La perception de la profondeur a déjà été étudiée dans les paragraphes précédents (pages 850 et 852), et c'est à cette perception de la profondeur que nous devons la notion de la solidité des corps. Cette notion est liée essentiellement à la vision binoculaire, elle est la conséquence de la projection stéréoscopique des deux images rétiniennes, et, pour les objets vus en projection, ces deux images sont toujours différentes. C'est ce que prouve d'une façon indubitable, les phénomènes de la stéréoscopie.

Stéréoscopie. — Le stéréoscope a été imaginé par Wheatstone en 1833. Son principe est le suivant : Lorsque nous regardons un solide quelconque, par exemple, nos deux yeux le voient sous deux points de vue un peu différents, ainsi soit un livre placé verticalement au-devant des yeux, dans le plan médian, et présentant son

les deux yeux sont ouverts, on voit à la fois le dos et les deux côtés du livre ; si on ferme l'œil droit, on ne voit plus que le côté droit, si on ferme l'œil gauche, c'est le dos et le côté gauche que l'œil reçoit donc une image perspective différente du livre. Si vous représentez séparément sur un plan chacune de ces images et que vous les fassiez arriver simultanément sur des points correspondants des deux rétines, vous aurez d'une façon saisissante la perception corporelle de l'objet comme si vous regardiez l'objet

Les stéréoscopes doivent donc répondre à deux perspectives du même objet, prises à des points de vue différents, le stéréoscope a simplement pour but de permettre à l'observateur de maintenir la position convenable des yeux pour voir ces images. Le stéréoscope de Wheatstone se composait de deux miroirs qui réfléchissaient les images de façon à les faire coïn-

cider comme si elles se trouvaient dans le même endroit. Le stéréoscope à prismes, de Brewster, est plus usité. Il se compose (fig. 225) de deux prismes p et π dont les sommets se regardent ; il en résulte que les points c et γ des dessins ab et $a\beta$ paraissent situés au même point γ ; il en est de même des points α et α qui paraissent en f et des points c et γ qui paraissent en ϕ ; les deux images ab et $a\beta$ se superposent donc pour donner une image résultante $f\phi$, ce qui procure la sensation de relief.



— Stéréoscope de Wheatstone.

On peut, du reste, faire coïncider les images stéréoscopiques sans se servir d'aucun instrument ; il suffit, pour cela, de disposer les lignes visuelles en parallélisme, c'est-à-dire de fixer le point c avec l'œil r et le point γ avec l'œil ρ ; on voit alors trois images, dont les deux extrêmes sont vues chacune par un seul œil, tandis que l'image intermédiaire, vue par les deux yeux, donne la sensation du relief ; pour ces yeux peu exercés à ce mode d'expérimentation, l'interposition d'un écran médian, placé comme l'écran g du stéréoscope, facilite la vision en supprimant les deux images extrêmes. On peut encore y parvenir de façon à amener un certain degré de diplopie et de laisser les deux images intermédiaires. Seulement, dans ce cas, il faut placer à gauche l'image destinée à l'œil droit et réciproquement ; sans cela l'on obtiendrait un relief renversé.

La raison des deux images rétiniennes, telle qu'elle se manifeste dans la perception de la troisième dimension, est, comme le fait

remarquer Helmholtz, d'une exactitude e qu'elle accuse seraient imperceptibles au stéréoscope deux médailles frappées au métaux différents, l'image résultante pa d'être plane ; cela tient à ce que les mé sion, à cause des différences de dilatati balancier. Si, en typographie, on compo quelque soin qu'on prenne, les deux ép bles, et, examinées au stéréoscope, on sur un plan différent des autres. Ce pr éditions différentes d'un même texte e banque faux.

On a imaginé plusieurs instruments stéréoscope se trouve plus ou moins m résultats très-curieux ; tels sont le t exagère le relief des objets ; le *pseudos* objets, fait paraître concaves les cor Javal, qui donne du relief aux images p yeux, etc.

Le relief peut aussi se produire da alors l'interprétation est plus sujette à moule creux d'une médaille, éclairé oblique des rayons lumineux, il ar-rive souvent qu'on croit voir un mo-dèle en relief de la médaille ; en même temps la lumière paraît venir de la partie non éclairée de l'appar-temment, ce qui donne à l'image une apparence étrange ; quand on regarde binoculairement, l'illusion cesse le plus souvent. Si on regarde le dessin de la figure 226, soit avec un seul œil, soit avec les deux yeux, on peut le dont il est composé étaient creux, tanté angles saillants.

La combinaison des images stér dans certaines conditions, ce qu'on Si l'une des images est^e blanche et donne des couleurs différentes, l'ima brillant remarquable. Aussi, si on re Wheatstone les projections de deux arêtes noires (fig. 227, p. 859), l'ex

voit une pyramide à arêtes noires et blanches et à faces gri-



Fig. 22. Perception de deux pyramides.

mais qui brillent comme si toute la pyramide était taillée dans le graphite.

3^e Mouvement des corps.

Nous avons deux façons de juger du mouvement des corps dans le champ visuel, tantôt l'œil est immobile, tantôt l'œil se meut dans le champ du regard.

Quand l'œil est immobile, nous jugeons qu'un corps est en mouvement quand l'image de ce corps soit une source lumineuse vient impressionner successivement des points différents de la rétine et qu'en même temps nous avons la conscience que les muscles de l'œil ne se sont pas contractés pour le déplacer. La coïncidence de ces deux phénomènes, excitation de points différents et absence de contraction des muscles oculaires, se lie si invinciblement en nous par l'habitude à l'idée du mouvement des objets extérieurs qu'elle entraîne avec elle beaucoup d'illusions qui s'expliquent ainsi facilement. Quand nous tournons rapidement la tête, les objets semblent se mouvoir en sens opposé; il en est de même quand nous sommes en chemin de fer ou en bateau à vapeur. Si nous fixons un objet, et qu'avec le doigt nous déplaçons l'œil, l'objet paraît se déplacer en sens inverse. L'illusion contraire peut aussi se produire lorsque, conservant l'œil immobile, nous regardons pendant longtemps au d'une rivière du haut d'un pont; cette succession rapide d'impressions sur la rétine nous fait croire que la rivière est immobile et que c'est nous qui sommes entraînés avec le pont dans la direction opposée à celle du courant.

Quand l'œil se meut, nous jugeons qu'un objet extérieur est

en mouvement, par le sentiment des contractions musculaires que nous excitons pour déplacer l'œil de façon à suivre le regard l'objet qui se meut et dont l'image se fait alors sur le même point de la rétine. Il en est de même quand, au lieu de l'œil, c'est la tête qui se déplace; mais, dans ce cas, la précision du mouvement, de sa vitesse, de sa direction, est beaucoup moins précise que quand les muscles de l'œil entrent en jeu.

II. — PROPRIÉTÉS PHYSIOLOGIQUES GÉNÉRALES DU GLOBE OCULAIRE

1° *Circulation oculaire.*

La circulation oculaire présente des dispositions importantes au point de vue de la physiologie de l'œil. En premier lieu, les milieux transparents de l'œil, corne, cristallin, corps vitré, sont dépourvus de vaisseaux; il en est de même de la couche granuleuse externe et de la couche de bâtonnets de la rétine. Les vaisseaux manquent aussi d'une façon absolue dans la papille centrale. Ces organes écartés, l'appareil vasculaire de l'œil se divise en deux systèmes presque indépendants, le système rétinien et le système choroïdien, qui n'ont de communication qu'à un niveau de l'entrée du nerf optique.

Dans le système rétinien, les capillaires sont très-fins et mal larges; dans le système choroïdien, au contraire, les capillaires sont volumineux, très-abondants et ce riche réseau vasculaire sert non-seulement à la nutrition du globe oculaire, mais contribue encore à maintenir sa température, il agit comme organe de calefaction. Ce dernier système fournit non-seulement la choroïde, les procès ciliaires, l'iris, mais encore la sclérotique, le bord de la corne et la partie avoisinante de la cornée. Presque tout le sang veineux de ce système reflue par les *vasa vorticosa*, de façon que les modifications de calibre de ces quatre vaisseaux, placés sous une influence nerveuse constante, agissent immédiatement sur l'ensemble du système, sans que les variations de cette circulation choroïdienne qui se produisent très-fréquemment, dans l'effort, par exemple, puissent affecter la circulation rétinienne (Rouget, Leber).

Les variations de calibre des vaisseaux rétiens et choroïdiens peuvent s'observer à l'ophthalmoscope et même se mesurer au manomètre.

Ameller), et on peut ainsi étudier les effets de divers agents sur les vaisseaux ; c'est ainsi que l'atropine dilate les veines choroïdiennes. La circulation lymphatique est moins connue. D'après Schwalbe, il existerait, entre la sclérotique et la choroïde, un espace lymphatique qui communiquerait au niveau des quatre *vasa vorticosa* avec un autre espace lymphatique situé entre la sclérotique et la capsule de l'œil, et d'où la lymphe s'écoulerait dans les espaces sous-arachnoïdiens en suivant la gaine du nerf optique. D'après le même auteur, la chambre antérieure de l'œil représenterait un espace lymphatique et l'humeur aqueuse proviendrait du canal de Petit, du corps ciliaire et de l'iris ; seulement ce liquide, au lieu d'être repris par les lymphatiques, passerait dans les veines choroïdiennes par le canal de Schlemm, disposition qui préviendrait la résorption trop rapide de l'humeur aqueuse, la différence de pression n'étant pas très-considérable entre l'humeur et le sang des veines choroïdiennes.

2° Pression intra-oculaire.

La pression intra-oculaire paraît être sous la dépendance immédiate de la circulation ; quand la tension augmente dans le système artériel de l'œil, la transsudation du sérum sanguin augmente et la chambre antérieure et les espaces lymphatiques reçoivent plus de liquide, d'où distension du globe oculaire ; cette pression intra-oculaire a été mesurée au manomètre et a été trouvée de 22 à 27 millimètres chez le chat, de 15 à 18 chez le chien. Elle subit des variations isochrones au pouls et aux mouvements respiratoires. Elle diminue par la compression de la carotide du même côté, par l'action de l'atropine, de la quinine, de la digitale, etc. ; elle augmente par la contraction des muscles de l'œil, par l'action de la calabarine, de la strychnine, etc.

L'influence de l'innervation est controversée. L'extirpation du ganglion cervical supérieur chez le chat, l'augmente ; elle baisse, au contraire, par l'excitation du grand sympathique au cou (Hippel, Grönhagen). Les opinions diffèrent aussi sur les rapports qui existent entre la pression oculaire et l'état de la pupille, habituellement le rétrécissement pupillaire s'accompagne d'une augmentation de pression, la dilatation pupillaire d'une diminution de la tension oculaire.

On a inventé plusieurs instruments, *ophthalmotonomètres*, pour mesurer la tension oculaire. (Dor, Monnik, Donders,

I. -- APPAREILS DE PROTECT

1° *Sourcils et*

Les *sourcils* protègent l'œil du front et contre les rayons lumineux, en comptant leur rôle comme organes.

Les *paupières* servent à protéger l'œil (lumière trop vive, corps étrangers) soit pendant le sommeil.

L'*occlusion des paupières* est ténue et involontaire, comme dans le clignement. Elle est provoquée par une lumière trop vive, par le contact de la cornée ou la conjonctive, par une irritation de ces membranes; il facilite le travail de l'angle interne de l'œil, en même temps qu'il nettoie la surface de cet organe. Il est provoqué par le *besoin de cligner*, et s'exécute par des réflexes ordinaires.

L'*occlusion des paupières* est rapide (faciale) et est toujours plus rapide que l'occlusion des lèvres.

L'*ouverture des paupières* est provoquée par le releveur de la paupière supérieure (muscle levator palpebrae superioris). On trouve, en outre, dans la paupière inférieure, des fibres lisses, innervées par le sympathique, qui servent à la fermeture de la fente palpébrale.

Les *cils* retiennent au passage les poussières et empêchent d'arriver sur le globe oculaire.

2° *Appareil*

Les larmes sont étalées sur la surface des paupières, dont elles lubrifient le poli de l'œil et sa transparence, et protègent la cornée par l'évaporation contre le contact de l'air extérieur.

Les larmes, ainsi étalées sur

ice conjonctivo-palpébral pendant le clignement, et y sont mues par la sécrétion des glandes de Meibomius qui lubrifie le libre de la paupière et les empêche de déborder sur la joue, mais que la sécrétion n'en soit trop abondante; elles gagnent, par capillarité, le lac lacrymal, et de là passent dans les voies lacrymales et dans le canal nasal par un mécanisme sur lequel il existe encore des dissidences entre les physiologistes.

Mécanisme du passage des larmes dans les voies lacrymales. — Mécanisme est très-controversé, et les expériences nombreuses sur ce point de physiologie n'ont pas encore fourni une solution définitive.

Le premier fait, c'est que, à l'état normal, la disposition anatomique des voies lacrymales facilite la marche du liquide des points lacrymaux vers l'extrémité inférieure du canal nasal, tandis que le reflux de l'air et des liquides, en sens inverse, éprouve des obstacles. Ce résultat est dû en partie aux valvules qui se trouvent dans ces conduits, et peut-être aussi, pour le canal nasal, à la présence de tissu caverneux qui tapissent et tiendraient accolées les parois de ce canal. (Henle.)

Un autre fait, c'est que le muscle orbiculaire des paupières et le muscle de Horner ont une action sur la pénétration des larmes dans les voies lacrymales. Toutes les fois que ces muscles sont paralysés (paralyse du facial), la pénétration est incomplète ou n'a pas lieu, et les larmes s'écoulent sur les joues (*epiphora*). Mais, si le fait est admis par tout le monde, il n'en est pas de même de son interprétation; les uns admettent que le sac est dilaté pendant l'occlusion des paupières, d'autres qu'il est comprimé, et malheureusement les expériences faites avec des manomètres introduits dans les fistules du sac lacrymal dans les conduits lacrymaux, n'ont donné que des résultats contraires. Les mêmes incertitudes existent sur l'action de ces muscles sur les conduits lacrymaux; cependant ils paraissent être comprimés pendant l'occlusion des paupières en même temps que le muscle de Horner agit sur les points lacrymaux en dedans, vers le sac lacrymal. Ce qui est certain, c'est que le clignement, de quelque façon qu'il agisse, accélère le passage des larmes dans les voies lacrymales; si on dépose dans le cul-de-sac interne de l'œil un liquide coloré ou du ferrocyanure de potasse, le liquide met beaucoup plus de temps à passer dans les fosses nasales, quand on maintient les paupières ouvertes, que quand on ferme l'œil par le clignement.

Les incertitudes expliquent les théories nombreuses émises sur ce sujet. J. L. Petit comparait les voies lacrymales à un syphon dont la branche verticale unique était constituée par le canal nasal, la branche horizontale double par les conduits lacrymaux. La capillarité, admise par quelques auteurs, ne pourrait être invoquée au plus que pour les

conduits lacrymaux, mais pas pour la théorie de Sédillot, reprise par Richer, en raréfiant l'air des fosses nasales et du sac lacrymal, fait pénétrer les larmes et, de là, dans le sac. Pour quelques-uns, c'est la dilatation du sac par la contraction du muscle orbiculaire, au contraire, dans l'occlusion des larmes de tous les côtés et arriveraient dans les conduits lacrymaux ouverts et, de là, dans le reste des voies lacrymales. Foltz appuyant sur des expériences sur le réflexe de l'occlusion palpébrale produit la systole, qui, au moment de l'ouverture des larmes, par leur élasticité; pendant la diastole la systole, elles sont refoulées dans le sac par un mécanisme, puis, une fois dans le sac, elles sont refoulées par l'influence combinée de la vis à tergo respiratoire.

Bibliographie de la vision. — H. VOLTZ : *Optique physiologique*; traduit par A. W. VOLKMAN, *Physiologische Optik*. — H. KAISER : *Compendium der physiologischen Oculistik und Ophthalmologie*.

Bibliographie spéciale. — J. B. L. L. : *Handwörterbuch der Physiologie*, 1851. — et par réfraction, 1846. — TH. YOUNG : *Donders : L'astigmatisme et les Verres Anomales de la réfraction*; traduit par Young, 1845. — FERRIER : *Recherches sur l'usage des phosphènes*, 1841 (*Archives de physiologie*, 1861.) — ARZ : — M. SCHULTZ : *Sur la tache jaune*, 1846. — M. DUVAL : *Structure et Note sur quelques expériences de contraction de l'Académie des sciences*, 1854, et *arts industriels*, Paris, 1861. — F. BUDENROTH, 1866. — MONOD : *Nouvelle des sciences naturelles de Strasbourg*, la vision binoculaire, 1861. — E. HENRI : *Observations sur la physiologie des voies lacrymales*. (*Journal de la pharmacologie et de physique médicale*; traduit par

3° OLF

1° Des corp

Il est difficile, dans l'état actuel qu'on doit entendre par *corps o*

it à quel caractère de ces corps correspond la sensation leur. Tout ce que nous savons, c'est que ces corps doivent : *volatils* et que des particules infiniment petites suffisent r déterminer une excitation des nerfs olfactifs ; ainsi, de l'air tenant un millionième d'acide sulfhydrique est encore perceptible à l'odorat, et des fragments de musc ou d'ambre conservent leur odeur pendant des années sans perdre sensiblement leur poids.

es caractères des corps odorants ont été étudiés par Venturi, B. Prévost et Liégeois. Si on dépose à la surface de l'eau du camphre, de l'acide succinique, etc., ces corps se meuvent sur l'eau avec une rapidité extrême ; de même toute substance odorante, concrète ou fluide, mise sur une glace mouillée, fait écarter sur-le-champ l'eau qu'elle touche, sorte qu'il se forme tout autour du corps un espace de quelques centimètres. On pourrait, d'après ces caractères, distinguer les corps odorants de ceux qui ne le sont pas (*odoroscopie* de Prévost). A ces caractères Liégeois en ajoute deux autres : en premier lieu, quand les corps odorants sont en poudre, si on les projette à la surface de l'eau, ils s'écartent avec une rapidité extrême, chaque particule s'éloignant l'une de l'autre (poudre de cumin, de benjoin, etc.) ; en outre, les mouvements du camphre et de l'acide succinique s'arrêtent quand un corps odorant touche l'eau sur laquelle ces corps se meuvent. Si on verse sur de l'eau un peu d'huile essentielle ou d'huile fixe, cette huile s'étale sur toute la surface de l'eau et forme une pellicule mince constituée par de fines granulations huileuses d'une finesse extrême, 0^m,001 à 0^m,004, granulations qui sont entraînées avec la vapeur d'eau qui s'échappe des couches superficielles. Cette division extrême des substances huileuses au contact de l'eau facilite leur dissémination dans l'atmosphère et, par suite, leur transport jusqu'au nerf olfactif ; aussi certaines substances qui, comme les huiles fixes, n'ont pas d'odeur à l'état pur, deviennent-elles odorantes au contact de l'eau (Liégeois), et on sait depuis longtemps que les odeurs des fleurs sont bien plus sensibles le matin à la rosée ou quand l'atmosphère est chargée de vapeur d'eau, comme après la pluie. Ces considérations ne peuvent s'appliquer aux odeurs minérales. (Voir Liégeois : *Sur les Mouvements de certains corps organiques à la surface de l'eau*, Archives de physiologie, 1868.)

2° *Transport des particules odorantes jusqu'à la muqueuse olfactive.*

Les particules odorantes sont transportées mécaniquement par l'air jusqu'à la muqueuse olfactive ; l'air est le véhicule obligé

des odeurs : on n'odore pas dans l'eau, si on remplit les fosses nasales d'eau chargée d'eau de Cologne, on n'a aucune sensation olfactive. Mais l'air seul ne suffit pas, il faut que cet air soit en mouvement et que le courant d'air ait une certaine direction. Si on retient sa respiration dans un air odorant, on ne sent rien. Quand la respiration est calme, la sensation olfactive est très faible ; pour qu'elle acquière tout son développement, il faut que le courant d'air inspire ait une certaine force et vaille à briser contre le bord antérieur du cornet inférieur qui se recourbe vers la muqueuse olfactive. La direction du courant d'air a une certaine influence, l'air expire qui arrive d'arrière et sort par l'orifice postérieur des fosses nasales ne détermine pas de sensation olfactive ou ne détermine qu'une sensation à peine appréciable ; il en est de même quand on projette directement le courant d'air odorant sur la muqueuse, soit à l'aide d'un soufflet, soit après certaines opérations chirurgicales.

3° De l'excitation des nerfs olfactifs.

Les nerfs olfactifs sont les nerfs de l'odorat. Il ne peut y avoir aujourd'hui sur ce sujet le moindre doute, malgré les fautes traitées citées par Magendie. Si, après la destruction des nerfs olfactifs, les animaux sont encore sensibles à l'ammoniac et à l'acide acétique, c'est que ces substances agissent sur la sensibilité tactile de la pituitaire. Pour que l'olfaction se produise, il faut que la muqueuse se trouve dans certaines conditions ; si elle est trop sèche ou trop humide, la sensation est abolie, ce qui arrive dans le coryza, par exemple.

Le mécanisme de l'excitation du nerf olfactif par les corps odorants est encore très-obscur. Cependant il y a là probablement une action mécanique, un ébranlement d'une nature particulière et cette particularité ressort de la structure même des organes et des conditions physiques des corps odorants. D'après les recherches de Schunke, les cellules nerveuses olfactives se termineraient, au moins chez beaucoup d'animaux, par des prolongements en forme de cils qui dépassent la surface de l'épithélium, on trouve donc là les conditions favorables à un ébranlement mécanique. D'autre part, on a vu plus haut que les molécules odorantes sont constituées par des granulations d'une extrême finesse qui doivent arriver sur les extrémités nerveuses dans une direction déterminée.

4° *Des sensations olfactives.*

L'intensité des sensations olfactives dépend, d'une part, de la quantité des particules odorantes, de l'autre, du nombre d'éléments nerveux impressionnés, ou, ce qui revient au même, de l'étendue de la région olfactive. Cette sensation est, en général, très-fugace et, pour qu'elle se maintienne, il faut que de nouvelles particules odorantes soient continuellement apportées aux extrémités nerveuses.

La finesse de l'odorat présente des différences individuelles considérables et peut, du reste, être accrue d'une façon remarquable par l'exercice. Chez certains animaux, le chien, par exemple, ce sens est excessivement développé et a autant d'importance que la vue.

Quand on fait arriver à chaque narine une odeur différente, il n'y a pas mélange des deux sensations ; elles se succèdent alternativement, mais il n'y en a toujours qu'une seule à la fois.

Dans l'ignorance où nous sommes de la nature des odeurs, nous ne pouvons les classer que d'après le caractère même de la sensation olfactive, sans pouvoir rattacher ce caractère à une condition physique, comme on le fait, par exemple, pour le son, pour la hauteur ou le timbre. A ce point de vue, la meilleure classification est peut-être encore celle de Linné qui classe les odeurs en : aromatiques (laurier), fragrances (lis), ambrosiaques (ambre), alliées (ail), fétides (valériane), vireuses (solanées), nauséuses (courage).

Les sensations olfactives consécutives ont été peu étudiées et sont mises en doute par beaucoup de physiologistes ; elles seraient dues à des particules odorantes restées dans les sinus et reprises par le courant d'air. Elles paraissent plus fréquentes pour les odeurs désagréables (odeur cadavéreuse).

Des sensations subjectives existent souvent chez les aliénés.

La distinction des sensations d'odeur et des sensations tactiles de la pituitaire (ammoniacque, acide acétique) est souvent difficile à faire, et dans le langage usuel on les confond sous la dénomination générale d'odeurs ; cependant ce sont là de véritables sensations tactiles analogues à celles que ces substances déter-

des odeurs, pour les animaux, concernant non la pureté, mais leurs qualités nuisibles ou favorables à la nutrition. C'est ainsi que l'animal choisit certains aliments et rejette d'autres, sans autre guide que l'odorat. La nourriture que nous inspirons nous est connue par le même odorat nous révèle dans l'air atmosphérique des substances dont les réactifs sont impuissants à déceler. Enfin, le sens de l'odorat a des rapports intimes avec les phénomènes d'innervation, en particulier avec l'innervation génitale ; l'odorat chez les animaux surtout, l'excitateur principal des désirs.

4° GUSTATION.

Les saveurs peuvent être divisées en quatre classes : les sucrées, acides, amères ; quelques physiologistes divisent même que deux classes : les saveurs sucrées et les saveurs amères ; quand l'olfaction et la sensibilité tactile sont éliminées, ne reste que ces deux-là. La nature des corps capables de produire la sensation qu'ils produisent par le contact sur les nerfs du goût, et on trouve dans la même classe des substances dont les propriétés chimiques sont très-différentes ; le sucre appartient au sucre, aux sels de plomb, au

La sensibilité gustative a pour siège la base, les bords de la langue, et la partie moyenne de sa face inférieure en est tout à fait dépourvue. Elle est

La sensibilité gustative de la langue est due aux papilles caliciformes et aux papilles fungiformes ; si on touche la langue avec une substance sapide *entre* deux papilles, en prenant bien soin que la substance n'arrive pas aux papilles elles-mêmes, il n'y a aucune sensation. Plus il y a de papilles en contact avec le corps sapide, plus la sensation acquiert de netteté et de précision. Les papilles filiformes ne jouent aucun rôle dans la gustation.

Nous ignorons à quel état et dans quelles conditions doivent se trouver les substances sapes pour pouvoir exciter les nerfs du goût. Il est probable que ces substances sont dissoutes dans le liquide buccal et pénètrent ensuite par imbibition dans les papilles pour atteindre les extrémités nerveuses. En tout cas, les solides et les gaz peuvent, aussi bien que les liquides, éveiller les sensations gustatives. Cette sensation ne se produit pas immédiatement après l'application du corps sapide sur la langue ; il faut un certain temps, variable suivant la substance, pour que celle-ci arrive jusqu'aux nerfs, et ce temps dépend probablement du plus ou moins de rapidité de la dissolution de la substance et de l'imbibition des papilles ; aussi les mouvements de la langue, la pression contre la voûte palatine abrègent-ils ce stade préparatoire en même temps qu'ils augmentent la sensibilité gustative en multipliant le nombre des papilles impressionnées. Les saveurs salées se perçoivent presque de suite après l'application du corps sapide ; les saveurs amères sont plus lentes à se déclarer.

Les substances injectées dans le sang peuvent agir aussi sur les nerfs gustatifs. Si on injecte dans les veines d'un chien de la coloquinte, il fait les mêmes mouvements de machonnement et de dégoût que quand on applique directement la coloquinte sur la langue ; on a la sensation d'une saveur amère dans l'ictère.

La finesse de la sensibilité gustative n'est pas la même pour les différentes saveurs, mais les chiffres donnés par les physiologistes varient beaucoup suivant la sensibilité individuelle. Ce sont les substances amères qui supportent la plus grande dilution ; une dilution de sulfate de quinine au 100,000^e donnerait encore, d'après Camerer, 32 fois sur 100 une sensation d'amertume. Les substances salées et sucrées sont très-inférieures sous ce rapport ; leur saveur disparaît pour des dilutions beaucoup plus concentrées. La température la plus favorable à l'exercice de la sensibilité gustative se trouve entre 10° et 35°.

sation d'amer; le lingual innerve la partie antérieure est principalement affecté par les corps sucrés; après péré perd la faculté de percevoir les saveurs sucrées (origines des fibres gustatives du lingual, voir : *Nerfs* c

Les centres nerveux du goût paraissent résider dans la protubérance : c'est là, du moins, que se trouvent président aux mouvements réflexes de la langue, de la salive, et à la sécrétion salivaire; après la section de la protubérance, ces mouvements se produisent par l'excitation du nerf lingual. Les centres de perception dans les parties supérieures de l'encéphale.

5° TOUCHER.

Le sens du toucher, qui a pour organes la peau et les muqueuses, comprend deux ordres de sensations : les sensations tactiles et les sensations de température.

a. — Sensations tactiles

A. — DES EXCITANTS DES SENSATIONS TACTILES

Les sensations tactiles sont déterminées par des excitants mécaniques, contact, pression, traction, et par l'excitation dans les nerfs sensitifs de la peau et des muqueuses.

1° *Solides*. — Les corps *solides*, dont l'action peut toujours se mesurer par des poids, agissent sur la peau (ou les muqueuses) de deux façons : par pression ou par traction.

La *pression* peut varier depuis zéro jusqu'à un maximum qui a pour limite que la désorganisation même des tissus. De zéro à une certaine pression *minimum*, qui dépend de la sensibilité de la région, la sensation est nulle, et à cette pression minimum correspond la sensation de *contact* simple ; bientôt et très-rapidement, la sensation change de caractère et on a la sensation de *pression* ; puis, la pression augmentant toujours, la sensation de *pression* fait place à une sensation nouvelle, celle de *douleur*, qui elle-même disparaît quand la pression, arrivée à son maximum, désorganise les extrémités nerveuses. Il y a donc une sorte d'échelle graduée des impressions tactiles correspondant aux différences d'intensité de l'excitation mécanique.

La *pression* peut varier non-seulement en intensité, mais en *étendue* ; et quelque circonscrite qu'elle soit, elle couvre toujours une surface correspondante à plus d'une périphérie nerveuse. Cette pression peut être *uniforme*, c'est-à-dire répartie également sur les différents points de la surface touchée, ou *irrégulière* ; dans ce dernier cas, qui est le plus ordinaire, les sensations tactiles sont plus précisés et plus nettes. Un corps rugueux, qui ne touche la peau que par quelques points en laissant des intervalles non impressionnés, donne une sensation plus accusée qu'un corps lisse qui touche la peau par un grand nombre de points. Si l'on imprime le doigt dans un morceau de paraffine encore molle et qu'on la laisse se solidifier sur le doigt, les sensations tactiles disparaissent, sauf à l'endroit où la paraffine cesse d'enrouler le doigt ; dans ce cas, en effet, la paraffine se moule sur les divers accidents de surface de la peau et presse également sur tous les points ; l'*inégalité de pression paraît être une des conditions de la sensation tactile* ; de là l'utilité pour la finesse de la sensation des crêtes papillaires qu'on trouve sur les parties de la peau les plus aptes au toucher, comme la face palmaire des doigts et de la main.

Quand les pressions sont très-légères (frôlement) et se succèdent rapidement, périodiquement ou non, en excitant une grande quantité de fibres nerveuses, les sensations tactiles prennent un caractère particulier : c'est le *chatouillement*.

La *traction* (sur les cheveux, les poils) détermine beaucoup

plus rapidement la sensation de d
bien moins étendue que pour les

2° *Liquides*. — Les liquides (s
peau) pressent uniformément sur
cutanée, à l'exception des poin
en contact avec la surface du l
plongé dans un liquide, dans du
plongée dans le liquide subit une
ment de bas en haut; la partie d
mise aussi à une pression unifor
de la surface du liquide qu'il y a
le derme, suivant une ligne circu
d'affleurement du mercure; aus
absente, sauf en cet endroit, c
sion d'un anneau fixe. L'expérie
mercure qu'avec l'eau à cause d
y a entre l'air et le mercure;
vive quand on enfonce et qu'on
du liquide.

3° *Gaz*. — Un courant d'air q
peau détermine une sensation tac
coup moins marquée quand le co
lairement la surface cutanée.

Le mode de transmission des excit
sensitifs est encore très-obscur. On
queuses trois espèces de terminais
se rattacher les sensations tactiles :
plexus nerveux de fibres sans moe
jusque dans la couche de Malpighi
Les deux premiers sont situés sous
tissu cellulaire sous-cutané.

La première couche rencontrée
couche cornée de l'épiderme; cette
paisseur, transmet aux périphéries n
et paraît en même temps en alténu
cornée disparaît (vésicatoires), la sen
douleur, et la sensation perd en mè
sous de cette couche cornée, l'ébr
couche de Malpighi, moins dure, mo
et comparable peut-être à une mine
couche cornée et les extrémités n

modifications l'ébranlement mécanique se transmet-il dans cette lame pour arriver aux nerfs? C'est ce qu'il est impossible de préciser.

En tout cas, si une pression très-faible suffit pour que les corpuscules du tact et le plexus nerveux soient excités (ainsi dans le chatouillement), il n'en est plus de même pour les corpuscules de Pacini, situés plus profondément; il faut pour cela une pression plus marquée qui puisse se faire sentir à travers l'épaisseur de la peau.

Le mode même d'excitation des terminaisons nerveuses est aussi peu connu. Les actions mécaniques déterminent-elles simplement une pression, pression qui se transmet aux corpuscules du tact ou de Pacini, ou bien produisent-elles des oscillations qui agiraient sur les extrémités nerveuses comme les vibrations de l'air sur les nerfs auditifs, ou bien les deux modes peuvent-ils se présenter suivant les cas? M. Ruffin a cherché à trouver dans la structure des corpuscules des conditions anatomiques qui augmenteraient la pression dans les parties centrales; Meissner, de son côté, voit dans l'arrangement des fibres nerveuses dans les corpuscules du tact une disposition qui favoriserait l'action des oscillations, et a cherché ainsi à expliquer mécaniquement certains phénomènes de la sensation tactile; mais ces hypothèses, n'étant susceptibles jusqu'ici d'aucune vérification, doivent être laissées de côté jusqu'à nouvel ordre.

B. — DES SENSATIONS TACTILES.

1. — DIFFÉRENTS MODES DE SENSATIONS TACTILES.

Les sensations tactiles peuvent être rapportées à l'état normal à deux espèces: aux sensations de pression et aux sensations de traction.

1° *Sensations de pression.*

Les sensations de contact et de pression ne diffèrent pas de nature et ce sont, en réalité, deux degrés de la même sensation. Elles paraissent cependant avoir leur point de départ dans des éléments anatomiques différents. La sensation de contact est abolie dans les cicatrices après la destruction de la couche papillaire du derme et semble résider dans les corpuscules du tact; la sensation de pression persiste au contraire et dépendrait des corpuscules de Pacini situés dans le tissu cellulaire sous-cutané.

Sensation de contact.— La s
d'intensité, de nature et d'étendue

Les variations d'intensité sont t
contact se transforme presque in
pression dès que l'intensité de la
peu; c'est surtout sensible pour
derniers, on pourrait dire que la
invariable comme degré; en deçà
au delà, c'est la sensation de pres

La sensation de contact diffère
la sensation est différente suivant
posant à la température du doi
gras, un liquide, ou reçoit un jet
de comparable au timbre des son
muqueuses que cette différence de
l'astringence déterminée par une
régions de la peau se touchent, la
si on applique le doigt sur le fro
contraire le doigt frotte rapideme
le doigt.

L'étendue de la région impress
la sensation. Il est difficile de pr
nécessaire pour déterminer une s
variant suivant les régions. Le tab
et Kammler, donne ce minimum
sont exprimés en milligrammes et
mètres carrés de surface cutanée

Front, tempes, nez, joues. .

Paume de la main.

Paupières, lèvres, ventre; pa

Face palmaire de l'index. .

Au lieu de poids placés directe
ployer une balance dont un plate
d'une pointe qui appuie sur la
d'une onde liquide (tube de caout
met à des pressions rythmiques,

En général, la finesse de la sens
hèrement des doigts au coude; e
palmaire qu'à la face dorsale, au
à gauche qu'à droite.

Sensations de pression. — La sensation de pression succède à une sensation de contact, mais elle présente toujours une étendue d'intensité bien plus étendue que cette dernière, et une suite de degrés intermédiaires jusqu'au moment où elle se transforme en douleur.

En outre, la nature de la sensation de pression offre bien des variétés et les caractères de poli, de rugueux, de gras, disparaissent pour le toucher dans une sensation une et



Fig. 228. — Aguille hémostatique de l'auteur

est applicable pour tous les corps, bois, métal, etc., pourvu que la force qu'ils déterminent soit suffisante. L'étendue de la région

pressée diminue l'intensité de la sensation et en écarte la netteté.

Le minimum de pression nécessaire pour détermination de pression varie suivant les régions ; il en est du maximum de pression au delà duquel la sensation passe à la douleur.

Pour étudier ces sensations de pression (et de douleur à divers degrés, je fais usage d'un appareil, *aiguille œsthésiomètre*, qui permet de graduer, dans les limites les plus étendues, la pression sur une région déterminée de la peau. L'appareil, dont la description détaillée superflue, se compose essentiellement d'une aiguille munie d'un plateau qu'on peut charger de poids qui peut s'abaisser ou s'élever à volonté en glissant, sans frotter, sur un tube vertical. L'aiguille et son plateau peuvent, suivant le but qu'on se propose, être construits en bois, en liège, en métal, etc. En conséquence, il est facile de leur donner le poids voulu pour les expériences, suivant les régions sur lesquelles on opère (¹).

2° Sensations de traction.

Les sensations de traction passent par des phases analogues à celles que parcourent les sensations de pression : contact, douleur. La sensation de contact n'a qu'une très-breve durée et se transforme très-vite en sensation de traction qui, elle, devient très-rapidement douloureuse.

En suspendant des poids aux cheveux ou aux poils, il est facile de mesurer, dans les diverses régions, les minima nécessaires pour déterminer ces diverses sensations de simple contraction et de douleur, et on voit de suite que ces minima sont bien au-dessous de ceux qui sont nécessaires quand les poids agissent par pression.

3° Sensations tactiles des muqueuses.

Les sensations tactiles des muqueuses sont de même nature que celles de la peau ; mais, tandis que la peau présente

(¹) L'aiguille peut servir aussi à apprécier le degré de cohésion des organes.

ctile sur toute son étendue, il n'en est plus de même
ieuses. Beaucoup d'entre elles, comme la trachée, la ves-
en sont dépourvues ; d'autres, au contraire, sont douées
sibilité exquise, supérieure même à celle de la peau ;
celle de la pointe de la langue. La sensibilité tactile de
de muqueuses a quelque chose de spécial qui les diffé-
s sensations cutanées ; ainsi, dans la cornée, la conjonc-
muqueuses du gland, du clitoris, etc.

2. — SENSATIONS TACTILES COMPOSÉES.

pressions tactiles peuvent être simultanées ou suc-

1° *Sensations tactiles simultanées.*

sations simultanées peuvent être doubles ou multiples.
isations *doubles*, que ce soient des sensations de con-
ression ou de traction, ne se montrent que lorsque les
is de la surface cutanée se font à une certaine distance
l'autre. Si elles sont trop rapprochées, la sensation reste
oique l'excitation se fasse en deux endroits ; ainsi, si
l, par exemple, un *æsthésiomètre* (fig. 229) ou un compas

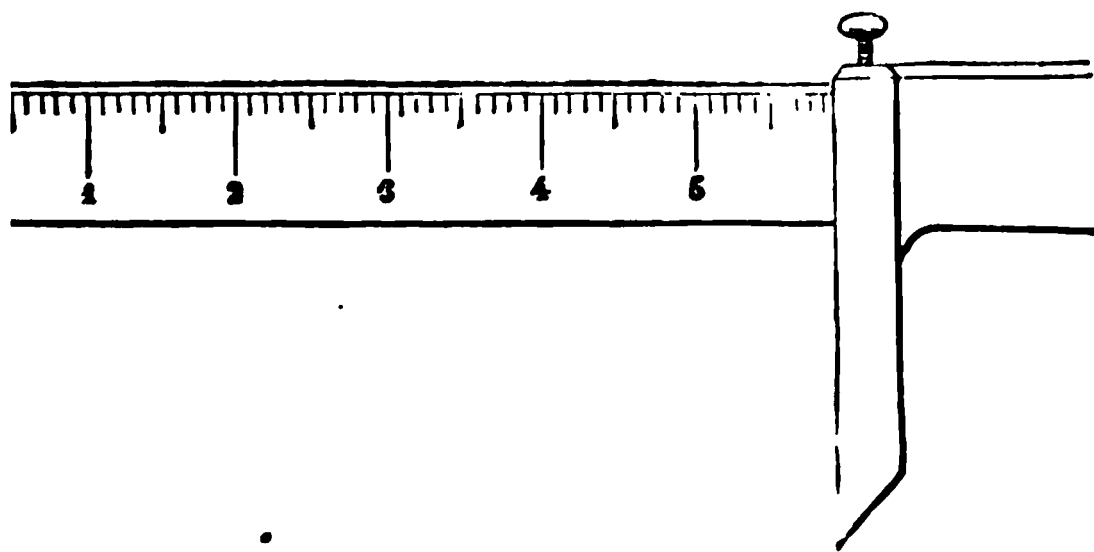


Fig. 229. — *Æsthésiomètre.*

branches soient écartées (H. Weber), et qu'on applique
pointes sur la peau, on aura la sensation des deux
mais si on les rapproche successivement, il viendra un

moment où, malgré l'écartement des deux pointes, on n tira plus qu'une ; il y a donc une distance des deux po un *minimum d'écart* en deçà duquel les deux pointes nent qu'une seule sensation. Ce minimum d'écart varie les différentes régions de la peau, comme le montre le suivant, de H. Weber :

Millimètres.	
Pointe de la langue	1,1
Face palmaire de la troisième pha- lange des doigts	2,2
Bord rouge des lèvres	4,5
Face palmaire de la deuxième phalange	4,5
Face dorsale de la troisième pha- lange	6,7
Bout du nez	6,7
Face palmaire de la tête des mé- tacarpéens	6,7
Ligne médiane du dos et des bords de la langue à 2 millimètres de la pointe	9,0
Bord cutané des lèvres	9,0
Métacarpe du pouce	9,0
Face plantaire de la deuxième phalange du gros orteil	11,2
Dos de la deuxième phalange des doigts	11,2
Joue	11,2
Paupières	11,2
Voûte palatine	13,5
Partie antérieure de l'os malaire .	15,7
Face plantaire du métacarpe pouce	
Face dorsale de la première lange des doigts	
Face dorsale de la tête du carpe	
Face interne des lèvres	
Partie postérieure de l'os mal	
Partie inférieure du front	
Partie postérieure du talon	
Partie inférieure de l'occipit	
Dos de la main	
Cou, sous le menton	
Vertex	
Genou	
Sacrum	
Fesses	
Avant-bras	
Jambe	
Dos du pied	
Sternum	
Nuque	
Dos	
Cuisse et bras	

Ce *minimum d'écart* peut servir, jusqu'à un certain critérium pour apprécier la sensibilité cutanée d'une r d'un individu. On voit, par ce tableau, que la sensibilit augmente de la racine du membre à sa périphérie. V montré que cette sensibilité dépend de la grandeur des ments ; elle est, pour chaque segment d'un membre, pro nelle à la distance des points de la peau à l'axe de rot membre. Cette sensibilité croît très-vite aux doigts, m à la main, plus lentement encore à l'avant-bras et au br

Le minimum d'écart est plus faible dans le sens horizi dans le sens transversal ; il diminue par l'attention et l (aveugles), ou si on applique sur la peau un liquide in comme l'eau ou l'huile ; il est plus petit chez les en augmente, au contraire, quand la peau s'étend, comme grosse.

ette sensibilité des diverses régions explique plusieurs phénomènes qui paraissent singuliers au premier abord. Si on promène le compas, avec le même écart, de l'avant-bras à la paume du doigt, ou de l'oreille aux lèvres, la sensation, d'abord simple, se dédouble et les deux pointes paraissent s'écarter de plus en plus ; c'est le contraire qui se produit si on promène le compas en sens inverse. Un dé, un anneau, appliqués sur la paume du doigt, paraissent plus grands que sur la paume de la main.

L'électrisation de la peau dans l'intervalle des deux pointes de compas, l'action de promener un pinceau d'une pointe à l'autre, fait disparaître la sensation double.

Si, au lieu de prendre un compas ordinaire, on prend un compas à 3, 4, 5 branches (¹), on peut encore percevoir 3, 4, 5 sensations distinctes ; mais à mesure que le nombre des branches se multiplie, la sensation perd de sa netteté, et au delà de 15 pointes on n'a plus qu'une sensation confuse et il est impossible de préciser le chiffre des pointes en contact.

2° *Sensations tactiles successives.*

Ces sensations tactiles successives doivent, pour être perçues distinctement, être séparées par des intervalles de temps convenables ; si elles se succèdent trop rapidement, elles donnent lieu à une sensation continue. Si on approche la main d'une roue dentée tournant avec une certaine rapidité, quand la main reçoit des chocs par seconde, les impressions se fusionnent et les dents de la roue ne sont plus distinctes.

Dans certaines conditions, ces sensations tactiles successives donnent lieu à une sensation composée, d'une nature spéciale, difficile à analyser qu'à décrire. Le prurit, la démangeaison sont des sensations tactiles du même ordre, mais qui se présentent plutôt sous forme de sensations internes.

¹ Des aiguilles implantées en nombre plus ou moins grand dans un bouchon peuvent parfaitement remplacer le compas à plusieurs branches.

3. — CARACTÈRES DES SENSATIONS TACTILES.

La *durée* des sensations tactiles ne correspond pas à la durée de l'application de l'excitant, elle la dépasse. Il semble que l'action mécanique du corps en contact avec la peau provoque une vibration qui survit un peu à l'excitation, comme la vibration d'une nappe d'eau survit à la chute de la pierre qui l'a produite. C'est pour cela qu'une succession trop rapide de vibrations ou de contacts, comme dans l'expérience de la roue citée ci-dessus, page 879, détermine une sensation continue au lieu d'une sensation intermittente ; dans ce cas, la sensation *sécutive* à chaque choc d'une dent de la roue dure une seconde.

Un caractère important des sensations tactiles, c'est la *localité*. La sensation tactile est rapportée par nous à la surface cutanée. Dans certains cas même, elle est rapportée à l'extérieur ; ainsi, lorsque nous touchons le sol avec le bout d'une canne, nous sentons le sol ; si le bâton est mobile dans la main, nous avons eu même temps deux sensations : celle du contact de la surface de la peau, celle du sol à l'extérieur. C'est de la même façon que, dans la mastication, nous sentons parfaitement les parcelles alimentaires qui se trouvent entre les dents.

Cette tendance à rapporter les sensations tactiles à la surface du corps explique comment cette projection se produit quand les nerfs cutanés sont excités *dans leur trajet* vers leurs extrémités, comme dans l'état normal. Elle explique aussi comment les sensations qu'éprouvent les amputés par l'excitation des nerfs sensitifs sont rapportées à la partie du corps où la nerveuse est absente, et comment ils croient sentir les doigts ou les extrémités des membres qui leur ont été enlevés. De même, après la rhinoplastie par transplantation d'un lambeau de la peau du front, l'opéré rapporte au front, c'est-à-dire à la place qui a primitivement produit les sensations, toutes les sensations qui se produisent sur le nez nouveau.

Un autre caractère essentiel des sensations tactiles, c'est la *localisation*. Nous connaissons plus ou moins exactement si nous sommes touchés ou pressés, et nous le rapportons avec plus ou moins de précision à une région déterminée du corps. Il semble



TOUCHER.

881

ns la surface de notre corps comme une sorte de *champ* : dans lequel nous nous orientons, comme l'œil s'oriente e champ visuel, et cette localisation, qui nous permet de de la position des corps par rapport à nous, de leur grandeur, de leur forme, est la résultante d'une série d'actes physiques et intellectuels compliqués sur lesquels on reviendra ain.

e localisation explique certaines illusions tactiles dont la plus s est l'expérience d'Aristote (*fig. 230*). Si on croise l'index et le

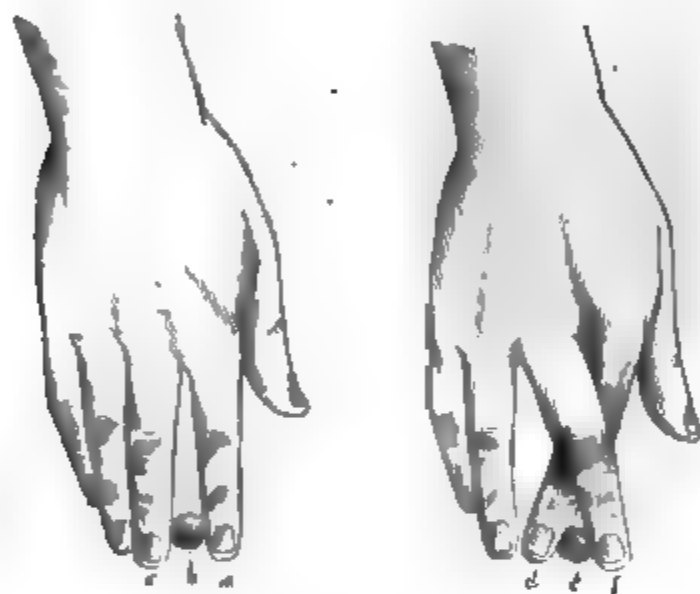


Fig. 230. — Expérience d'Aristote.

et qu'on roule entre les deux une petite boule, on a la sensation de deux boules ; c'est qu'en effet, dans la position normale des , l'expérience nous a appris à fusionner, dans la notion d'un seul les sensations localisées dans les parties correspondantes de doigts voisins, et à dédoubler, au contraire, à rapporter à deux distincts les sensations localisées dans des parties non correspondantes ; et cette tendance au dédoublement est si forte, que ce phénomène se produit malgré la conviction que nous avons de tenir les mains un seul objet.

ur apprécier la finesse de localisation de la peau, on emploie le dé suivant : Le sujet en expérience a les yeux fermés ; la peau est fée avec une pointe noircie qui laisse une marque sur la peau, et et indique avec une pointe l'endroit touché ; la distance entre les points indique l'écart de la sensibilité. Cette localisation s'apprécie en traçant ou en plaçant sur la peau des figures diverses (lettres, s géométriques) que le sujet doit reconnaître.

4. — INFLUENCES QUI FONT VARIER LA SENSIBILITÉ TACTILE.

La sensibilité tactile de la peau varie, comme on l'a vu, suivant les différentes régions. Les causes qui influent sur cette sensibilité sont de deux ordres : les unes dépendent de la peau elle-même, les autres de l'état des corps avec lesquels elle est en contact. L'épaisseur et la dureté de l'épiderme influent sur cette sensibilité, mais sa présence est indispensable. L'œdème et l'anémie de la peau, son refroidissement (*anesthésiée*), produisent le même résultat. La présence du duvet et des poils accroît la sensibilité à la pression ; il faut un poids plus lourd pour produire la sensation de contact sur les parties dépourvues que sur les parties garnies de poils. Les bains d'eau chargée de carbonate carbonique augmentent la sensibilité ; de très-faibles courants d'induction la diminuent.

La température du corps en contact exerce aussi son influence. Un poids donné paraît plus lourd qu'un poids égal plus léger. Les deux pointes du compas sont mieux perçues quand la température est inégale, et on les distingue encore même quand la distance est plus petite que le minimum d'écart.

L'exercice modifie considérablement la sensibilité tactile. Cette modification s'effectue même très-rapidement : en quelques heures, la sensibilité de la face palmaire peut être quadruplée. Les progrès sont d'abord très-rapides, puis plus lents ; il est remarquable que la sensibilité ainsi acquise se perd très-vite et revient à quelques heures au degré normal ; cependant, par un exercice régulier et réitéré, les progrès deviennent permanents. C'est à quelle finesse de toucher arrivent les aveugles. Un fait intéressant, c'est que l'exercice d'une partie modifie en même temps la sensibilité de la partie symétrique non exercée, ce qui prouve que les modifications anatomiques amenées par l'exercice ont lieu, non dans les organes périphériques, mais dans les centres nerveux eux-mêmes.

L'exercice augmente aussi bien la sensibilité à la pression que la sensibilité à la distance ou la faculté de localisation. Pour augmenter la sensibilité à la pression, on place deux poids inégaux

nt sur des points symétriques de la peau, soit successivement sur le même point, et le sujet apprécie, sans le secours du regard, la différence des deux poids. D'après Weber, on peut percevoir des différences de $1/40^e$, pourvu que les poids ne soient ni trop légers ni trop lourds. Les augmentations de poids sont plus facilement perçues que les diminutions.

La sensibilité rectifie et perfectionne les sensations tactiles, et la main en est l'agent principal, on a voulu localiser dans la main le sens du toucher, sens répandu sur toute la surface de la peau. La palpation est un phénomène complexe dans lequel interviennent non-seulement les sensations tactiles, mais aussi la sensibilité musculaire, et auquel des actes cérébraux très-complexes donnent un caractère essentiellement intellectuel.

La sensibilité s'émousse non la sensibilité, mais la sensation tactile. Une pression prolongée finit par ne plus déterminer de sensation. Nous ne sentons plus nos vêtements qui sont jour après jour en contact avec la peau; il suffit même d'un temps court pour que la sensation disparaisse quand le contact se prolonge, surtout si le corps en contact éveille en nous une sensation déjà connue.

Le rôle de la *fatigue* sur les sensations tactiles a été peu étudié.

Les sensations tactiles sont souvent le point de départ de réflexes qui varient suivant les régions excitées et le mode d'excitation. Tout le monde connaît les réflexes (rires, convulsions) produits par le chatouillement; il en est de même pour les réflexes; tels sont l'éternuement par le contact de la pituitaire avec les corps, la toux par la titillation du conduit auditif.

Le rôle du toucher dans les phénomènes intellectuels sera étudié dans un chapitre de la psychologie physiologique.

ANALYSE THÉORIQUE DES SENSATIONS TACTILES.

Notre connaissance des sensations tactiles est encore très-incomplète et se réduit, sur ce sujet, à des hypothèses. Il me paraît utile de donner une idée de la façon dont ces phénomènes peuvent être interprétés.

On serait porté à admettre qu'à chaque sensation simple de contact ou de pression correspond l'excitation d'une seule fibre nerveuse et que l'excitation simultanée de deux fibres nerveuses distinctes donne une sensation double. En réalité, il n'en est pas tout à fait ainsi. Lorsque deux corps aigus sont en contact avec la peau, ils excitent toujours plus d'une fibre nerveuse primitive sans donner pour cela une sensation double. C'est qu'ici intervient une opération intellectuelle déjà étudiée à propos des autres sensations, c'est la tendance de l'esprit à fusionner en une seule sensation les impressions qui proviennent de fibres nerveuses voisines. Pour qu'il y ait deux sensations distinctes, il faut qu'il y ait une ou plusieurs fibres inexcitées (ou peut-être moins excitées ?) entre les deux points touchés.

Pour faciliter l'interprétation des phénomènes tactiles, on peut comparer la peau à une sorte de damier dont chaque case (*cercle de division de Weber*) serait innervée par un filet nerveux distinct ; dans les régions les plus sensibles, les cases seront plus petites, et les terminaisons nerveuses plus considérables. Ainsi, la région cutanée par exemple (*fig. 231*), sera innervée par 9 nerfs et comprendra 9

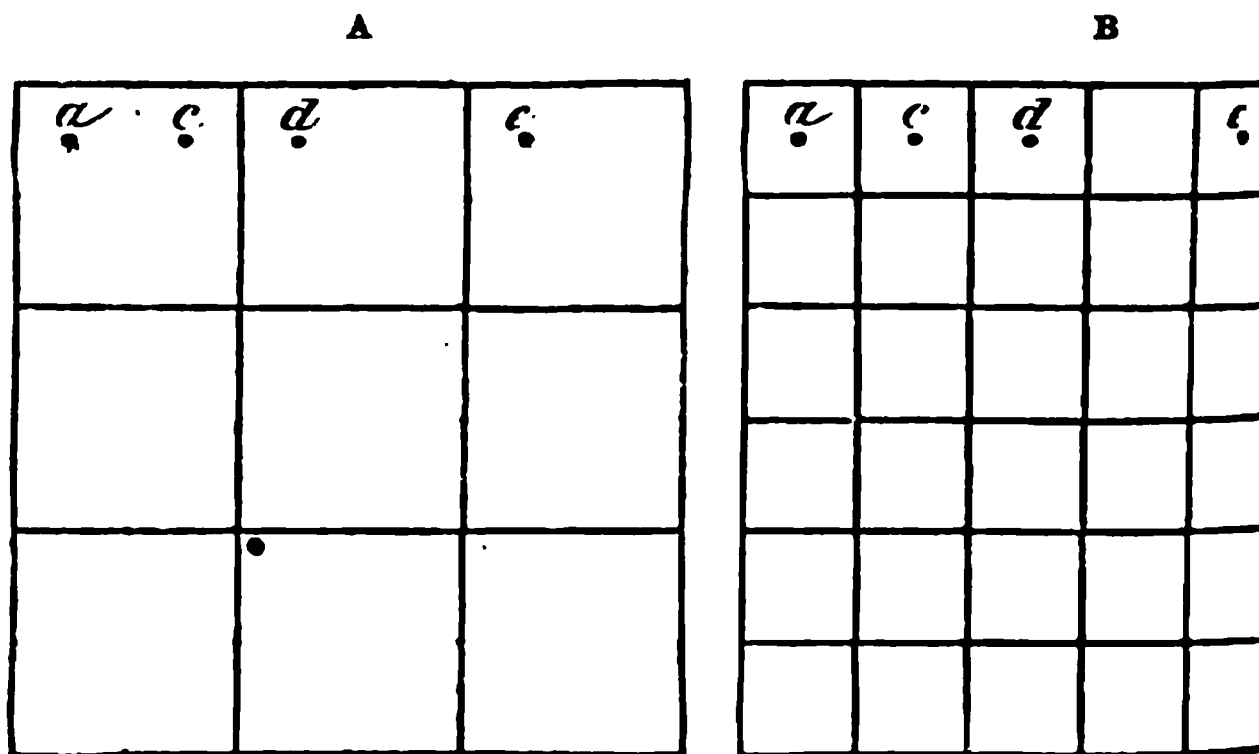


Fig. 231. — Schéma de l'innervation tactile.

Fig. 232. — Schéma de l'innervation

tandis que la région B (*fig. 232*), quoique de même étendue, comprendra 36 cases et recevra 36 fibres nerveuses.

Si, dans la figure A, on place les branches du compas sur *a* et *c*, la première case, il n'y aura qu'une sensation simple ; il en sera de même si on place la seconde branche du compas sur une des cases voisines ; par contre, si on place une des pointes en *c* et l'autre en *d*, il y aura sensation double parce qu'entre les deux pointes il y a une case inexcitée. Si, au lieu de la région cutanée A, nous prenons la région cutanée B, où les cases sont moitié moins larges, la densité

une des deux branches du compas devra être moitié moins grande que Δ pour avoir une sensation double. Cette hypothèse explique bien, au premier abord, la différence de sensibilité des diverses parties de la peau, mais elle ne suffit pas pour tous les cas. En effet, une distance des deux pointes du compas $c e$, qui, dans la position de la figure 231, donne une sensation double, donnerait une sensation simple si on les place sur deux cases voisines, ce qui n'est pas ; en outre, elle ne peut expliquer le perfectionnement de cette sensibilité par l'exercice. On est alors forcé d'admettre que les circonscriptions cutanées (cercles de sensation des auteurs) empiètent les uns sur les autres, autrement dit qu'un même point de la peau reçoit des filets nerveux provenant de plusieurs nerfs et que, par suite, un quelconque en contact avec la peau excite en même temps plusieurs fibres nerveuses. On représente alors les départements nerveux par des cercles enchevêtrés les uns dans les autres.

La figure 233 représente ce mode d'innervation. Soit une coupe transversale schématisée d'une région cutanée; cette étendue cuta-

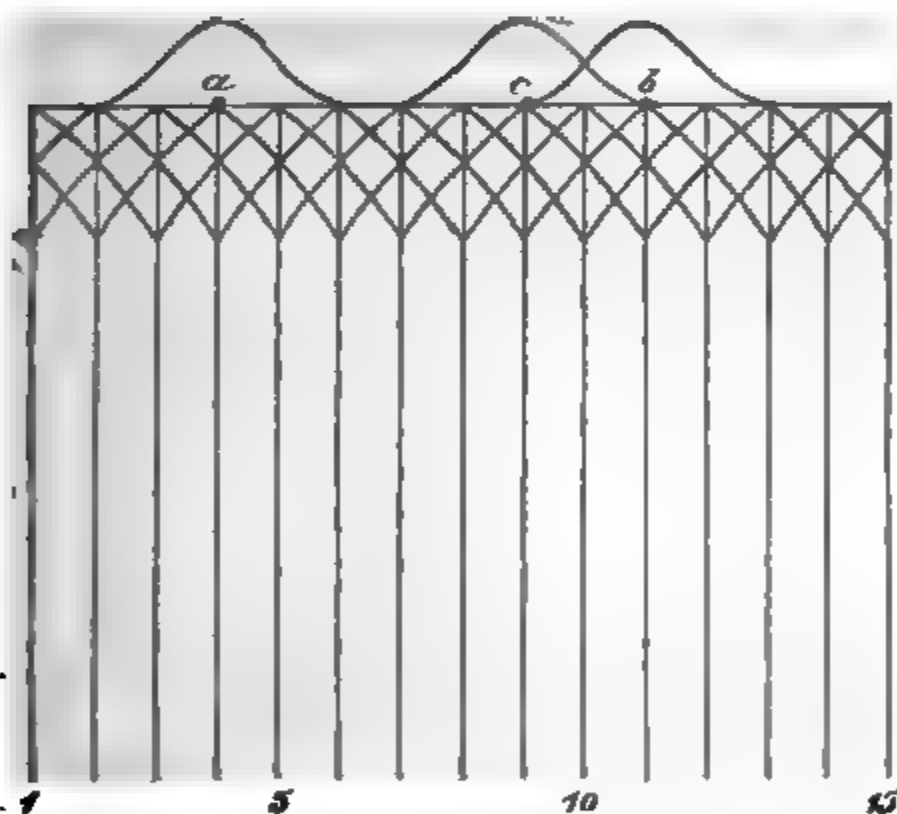


Fig. 233. — Schéma de l'innervation cutanée.

ne recevra un certain nombre de fibres nerveuses, et chaque fibre nerveuse fournira plusieurs filets empiétant sur les filets des autres nerfs. Soit maintenant un corps, une pointe de compas, par exem-

ple, venant au contact de cette sur-
étendue de peau toutes les fibres neu-
n'aura pas sur toutes la même intensi-
fibre 4, plus faible pour les fibres 3
fibres 2 et 6, etc.; on pourra donc r-
tion de la peau sur cette surface pa-
correspondra à l'intensité de l'excita-
corps sera simple, quoiqu'il y ait plu-
n'y aura pas de lacune dans l'excita-
pointe du compas au delà de *b*, il y a
laquelle les fibres nerveuses seront
donc là les conditions nécessaires po-
dire une lacune dans l'excitation ne
deuxième pointe du compas en *b*,
aucun élément nerveux absolument
fibres 7 et 8 est excessivement faible
tion et l'exercice, de faire abstraction
ne sentir que les deux maxima co-
rendre la sensation double; l'exer-
aller plus loin, et on conçoit que d-
deux excitations *a* et *c*, et même *b*-
sensation double; il suffit alors qu'il y
fortes, séparées par une sensation
recourir à une lacune complète dans

Le nombre d'éléments inexcités
juger de la distance qui sépare les
aussi comprend-on facilement que
nerfs, les deux pointes ne donneront
même écart des deux branches.

Quel est maintenant l'élément de
si on peut s'exprimer ainsi? C'est p-
analogue aux sensations qui consti-
qu'on éprouve par la compression l-
exemple, mais atténuée par l'épider-
ment spécial, une fulguration légère
correspondante à l'excitation d'une
tactile que, jusqu'ici, nous avons co-
donc, dans ce cas, qu'une sensatio-
d'unités, de même qu'un son qui
composé de plusieurs sons et de
Quand, d'un autre côté, l'excitation
tions partielles se fusionnent en
douleur.

b. — Sensations de température.***Des conditions de production des sensations de température.***

Les sensations de température ou mieux de chaleur ou de froid reconnaissent pour cause une variation *brusque* de température de la peau ; la température de la peau, résultante immédiate de la température du sang qu'elle reçoit, est un peu au-dessus de la température des parties profondes, et supérieure, en général, à la température de l'air ambiant ; aussi, sauf de rares exceptions, la peau subit : 1° une déperdition continuelle de calorique au profit de l'extérieur ; 2° un apport continu de calorique de l'intérieur. Cette perte et cet apport s'équilibrent, la température de la peau reste *constante*, et nous n'avons aucune sensation. Mais si l'équilibre se rompt brusquement, si la perte ou le gain sont trop intenses, cette variation impressionne les nerfs cutanés qui la transmettent aux centres nerveux, d'où la sensation de température ; cette sensation se produit donc quand une unité de surface de la peau reçoit ou perd, dans l'unité de temps, une quantité déterminée de calorique (non encore mesurée).

De ce qui précède, il résulte que la sensation de *froid* pourra reconnaître pour causes :

1° Un apport moindre de calorique de l'intérieur, exemple : diminution de l'afflux sanguin par rétrécissement des artères cutanées ;

2° Un abandon plus grand de calorique au milieu extérieur ; mais si l'on met en contact avec la peau un corps plus froid qu'elle, ou meilleur conducteur, ou plus froid que ceux qui la touchaient précédemment.

De même, la sensation de chaleur se produira :

1° Si la peau reçoit plus de calorique de l'intérieur (afflux sanguin) ;

2° Si elle en abandonne moins à l'extérieur ou si elle en reçoit de l'intérieur.

Tous les corps, quel que soit leur état, solide, liquide ou gazeux,

sont susceptibles de déterminer des sensations. Les deux choses seulement sont à considérer : le corps en contact et sa conductibilité. Si la température est trop basse ou trop élevée, la sensation de contact paraît pour faire place à la douleur : la sensibilité aura aussi un rôle important. À températures normales, les métaux par leur grande conductibilité, les plus d'intensité les sensations de chaleur. La conductibilité peut même compenser la différence de température. Si, l'air étant à 17°, et l'eau à 18°, on a une sensation de contact avec la main soit plus chaude que l'air, et la main perd plus grande quantité de calorique, qu'un morceau de métal paraît plus chaud qu'un morceau de bois à la même tempéra-

2^e Caractères des sensations

Les sensations de température sont la sensation de froid, sensation de chaleur : quoiqu'elles soient essentiellement la même et qu'il n'y ait aucune différence de degré, cependant l'esprit a la perception de deux sensations différentes. Quand ces deux sensations sont faibles, elles se transforment peu à peu d'abord, à un caractère particulier de froid, mais qui, au maximum d'intensité, prend le caractère d'une brûlure.

Les sensations thermiques simulées sont d'autant mieux perçues qu'il y a plus de contact entre les deux corps en contact. On mesure la sensibilité thermique de la peau, et on compare les deux points sont indiqués par l'*œsthésiomètre de Liégeois*. Cet instrument est basé sur le même principe que l'*œsthésiomètre de Weber* : les deux points sont en rapport avec deux peuples remplis de liquide à une température différente. L'écart minimum entre les deux points est à une température diffé-

sensibilité thermique des différentes régions de la peau ne s'exactly la topographie de la sensibilité tactile. Cette sensibilité est, au maximum, sur certaines parties de la face, paupières, pointe de la langue, conduit auditif; elle est plus forte aux lèvres; elle est très-faible au nez. Sur le tronc, la ligne médiane est moins sensible que les parties latérales; la face est plus sensible en bas qu'en haut; le ventre l'est plus au dos; sur les membres, la sensibilité augmente à mesure qu'on se rapproche de la racine du membre; au bras et à la cuisse, la sensibilité de l'extension est plus sensible que celui de la flexion; elle est inverse à l'avant-bras et à la jambe. Le froid, la chaleur (5°) diminuent la sensibilité. Il en est de même de l'épaisseur de l'épiderme (mauvais conducteur).

La sensibilité aux températures s'apprécie plus facilement que d'habitude. Ainsi, pour l'eau, on apprécie le mieux les différences de température de 27° à 33°, puis entre 33° et 37°, puis entre 14°

Cette appréciation se fait en plongeant successivement le doigt dans les deux liquides, ou successivement deux doigts dans les deux; on peut distinguer ainsi des différences de 1/6° de Réaumur).

La durée des sensations de température dépasse la durée de l'excitation de l'excitant; on a ainsi des sensations consécutives de froid et de chaud; cette durée est même assez longue. Ainsi, quand on met le front en contact, pendant quelque temps, le front avec un objet froid, un morceau de métal, par exemple, on a une sensation de froid consécutive de froid assez prolongée, et cette sensation présente ce caractère particulier de n'être pas uniformément intense, mais de présenter des espèces de redoublements (4 à 5).

L'intensité de la sensation dépend d'abord de la température du corps en contact et de sa conductibilité, autrement dit de la rapidité du changement de température de la peau; en outre, de l'étendue de la surface impressionnée; de l'eau plus chaude (ou plus froide) quand on y plonge la main que quand on y plonge le doigt seulement.

La localisation des sensations thermiques se fait toujours à la partie touchée; mais cette localisation est moins nette et plus vague que celle des sensations tactiles.

Certaines muqueuses sont douées de la sensibilité à la tem-

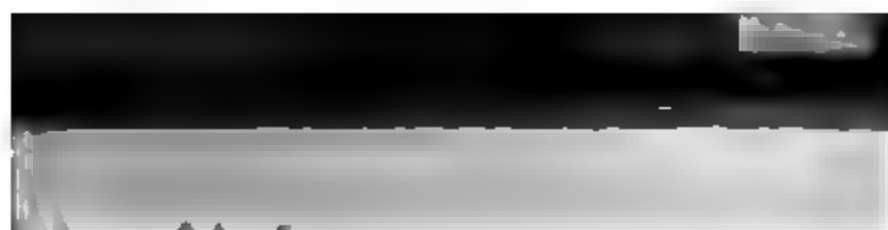
pérature ; telles sont les muqueuses buccale, pharyngienne, voile du palais fait percevoir des différences de deux degrés ; la partie inférieure du rectum, etc ; d'autres, comme les muqueuses stomacale, intestinale, utérine, etc, en sont tout à fait insensibles. La sensibilité des muqueuses pour la température est en général, moins développée que celle de la peau. Si, par exemple, pendant qu'on boit un liquide chaud, comme du café, on presse la lèvre supérieure dans la tasse de façon que la partie médiane de la lèvre soit en contact avec le liquide, on a immédiatement une sensation de brûlure.

L'influence de l'exercice, de l'habitude, de la fatigue, etc, n'a été étudiée.

Les sensations de température peuvent être le point de départ de réflexes, différents pour les sensations de froid et de chaleur. Pour le froid, les réflexes portent surtout sur le système vasculaire lisse (chair de poule) ou strié (frissons, claquements de dents), il faut distinguer dans ces cas l'effet réflexe de l'effet local direct.

Les sensations thermiques, comme les sensations de contact, ont leur siège dans les parties superficielles de la peau, ainsi elles disparaissent, comme ces dernières, dans les cicatrices superficielles du derme. Comme le contact a pour organes les corpuscules de Meissner, il est probable que les sensations de température ont pour organes le réseau nerveux de la couche de Malpighi, et cette hypothèse s'accorde avec la diffusion plus grande et la localisation moins bien définie des sensations de température.

Les sensations thermiques et les sensations tactiles ont beaucoup de points de ressemblance, si on recouvre la paume de la main en laissant un trou central où la peau est à nu et qu'on expose la paume à la chaleur, sur la peau tantôt le contact (pinceau, balon, orate, etc) et tantôt la chaleur (métal incandescent, lentille), la cause de la sensation est reconnue à la paume de la main (le sujet en expérience a les yeux fermés), mais, sur le dos de la main, et dans d'autres expériences, la chaleur est prise pour le contact, et, sur le dos de la main, le nombre des erreurs atteint 12 sur 30 expériences (W. et D. 1891). Cependant, d'un autre côté, les deux sensations, chaleur et contact, peuvent coexister au même endroit sans se confondre et, dans les cas pathologiques, il peut arriver que la sensibilité tactile et la sensibilité à la température soient, l'une abolie, l'autre conservée. Il semble donc que ces sensations aient pour siège et pour conducteurs des



SENSATIONS MUSCULAIRES.

891

les filets nerveux spéciaux, sans cependant qu'on puisse en donner démonstration.

Hystérogénésie. — WUNDER : *Tactilem und Gencingsfähl*; dans : *Wagner's Handbuch der Physiologie.*

6° SENSATIONS MUSCULAIRES.

1° *Sens ou conscience musculaire.*

On donne le nom de *sens ou conscience musculaire* à la notion que nous avons de la contraction des muscles. Mais il faut distinguer avec soin, dans cette sensation, la perception du mouvement musculaire même et la perception de l'intensité de l'effort volonté par lequel nous cherchons à faire agir les muscles. La seconde, en effet, comme l'a montré Helmholtz, peut exister même en l'absence même de toute contraction musculaire; c'est ainsi que nous apprécions la position de la ligne visuelle, non d'après la tension des muscles, mais d'après l'effort volonté par lequel nous cherchons à changer la position de l'œil. Soit, par exemple, un cas de paralysie du muscle droit interne de l'œil droit, l'œil ne peut plus se porter dans l'abduction; si alors le patient tourne le regard à droite, les objets lui semblent se déplacer dans la même direction, quoique son œil soit resté immobile; il est persuadé que la ligne visuelle est déplacée à droite, et, comme les images rétiniennees n'ont changé de position sur la rétine de l'œil paralysé, il croit que les objets participent au mouvement qu'il attribue d'une manière erronée au globe oculaire. On peut appeler cette perception *l'effort de l'effort musculaire volontaire*; on pourrait peut-être réserver le nom de *conscience musculaire*.

Une autre espèce de sensation, *sens musculaire* proprement dit, nous donne la notion de la contraction musculaire elle-même. Nous raisonnons ainsi :

L'énergie de la contraction, c'est-à-dire la force avec laquelle le muscle se contracte; c'est par ce moyen que nous apprécions, en soulevant, le poids des objets et la résistance que les corps extérieurs opposent à la contraction musculaire. Dans cette perception du poids, le sens musculaire vient en aide à la sensation

tactile de pression qui, à elle seule, ne nous donnerait que des notions insuffisantes. Quand la contraction musculaire se produit sans soulèvement d'un poids, nous rapportons la sensation au muscle ; quand, au contraire, nous soulevons un poids, nous sentons l'objet lui-même ; puis, à mesure que la fatigue vient, la sensation de l'objet disparaît pour faire place à la sensation musculaire ;

2° L'*étendue* du raccourcissement ou l'excursion du mouvement (précision du mouvement) ;

3° La *rapidité* de la contraction (agilité du mouvement) ;

4° La *durée* du mouvement ;

5° La *direction* du mouvement ; cette notion est une notion complexe due à l'adjonction de sensations tactiles et visuelles ;

6° La *position* des membres et du corps ; ce n'est plus la seulement une sensation de contraction musculaire, mais souvent aussi une sensation de tension passive des muscles, comme dans le décubitus dorsal ; c'est grâce à ces sensations que nous savons, même dans l'obscurité et sans l'intervention du toucher ou de la vue, la position occupée dans l'espace par nos membres. On a donné aussi à cette notion le nom de *sens de stabilité*, *sens de l'équilibre*. Cette notion joue un très-grand rôle dans la station, la marche, et, en général, dans tous les mouvements que nous exécutons.

La perte de ce sentiment de stabilité ou d'équilibre constitue le *vertige*.

La *fatigue* musculaire est une sensation particulière que tout le monde connaît et qui, à un degré extrême, se transforme en une sensation de brisement. La fatigue persiste dans les muscles même après la section des nerfs cutanés du membre. Dans certains cas, les contractions musculaires sont douloureuses, et on a donné le nom de *crampes* aux douleurs spéciales qui accompagnent ces contractions.

Les muscles sont, du reste, insensibles aux excitants généraux ; on peut les piquer, les couper, les brûler sans provoquer de douleur.

Quand l'organisme est en bonne santé, on éprouve un sentiment général de bien-être, de légèreté dans le corps et dans les membres (*euphorie*) qui paraît être aussi une sensation musculaire.

2° *Sensations musculaires spéciales.*

Les sensations musculaires décrites ci-dessus n'appartiennent ni qu'aux muscles du squelette. Mais il est d'autres sensations qui doivent être aussi rapportées aux muscles et qui se distinguent des précédentes par des caractères particuliers. Pour quelques-unes même, le doute existe encore pour savoir si elles doivent être rattachées aux sensations musculaires. Telles sont la faim, la nausée (muscles du pharynx et du voile du palais), le besoin d'aller à la selle, le besoin d'uriner, les sensations oculaires qui accompagnent l'envie de dormir (releveur de la paupière supérieure et globe oculaire), la sensation musculaire du plancher buccal qui précède le bâillement, le besoin de respirer, les contractions utérines (douleurs), les sensations génitales qui accompagnent l'érection et l'éjaculation (sens de la volupté), etc. Certains muscles, comme le cœur, ne donnent lieu, à l'état normal, à aucune sensation.

3° *Innervation musculaire sensitive.*

La question de savoir s'il y a des nerfs spéciaux pour la sensibilité musculaire, n'est pas encore résolue. Trois théories principales existent sur ce sujet :

1° Pour les uns, il n'y a pas de fibres sensibles musculaires spéciales ; nous connaissons uniquement la quantité d'innervation envoyée au muscle ; nous avons la notion de la contraction voulue et non de la contraction exécutée ; nous percevons l'intention et non le fait. Cette notion, comme on l'a vu plus haut, est réelle, mais elle n'est pas la seule et elle ne suffit pas pour expliquer tous les phénomènes.

2° Pour d'autres, nous ne connaissons la contraction d'un muscle que par les sensations engendrées dans la peau ou la muqueuse qui le recouvre (Aubert) ; ce serait donc une pure sensation tactile. Rauber a modifié l'hypothèse, qui ne pouvait s'appliquer aux muscles profonds et aux muscles viscéraux (diaphragme, etc.), en affectant à la sensibilité dite musculaire les corpuscules de Pacini, corpuscules qui seraient comprimés pendant la contraction musculaire. L'hypothèse de Rauber ne paraît se réaliser dans certains cas, et il est très-probable, en effet, que c'est là l'usage des corpuscules de Pacini qu'on trouve dans le voi-

sinage des articulations, mais elle ne suffit pas non plus pour tout expliquer.

3^e Enfin, d'autres auteurs (Arnold, Brown-Séquard, etc.) et il paraît difficile d'échapper à cette nécessité, admettent des fibres tripètes qui traitent des muscles aux centres nerveux et transmettent à ces centres la sensation de la contraction musculaire faite et exécutée.

C. Sachs a fait des recherches récentes sur les nerfs sensitifs des muscles; il a vu l'excitation du nerf musculaire du coutenier d'une grenouille, provoquer des contractions réflexes circonscrites ou générales, même après la section des racines antérieures motrices du sciatique qui paralyse tous les muscles de la patte. L'excitation de l'ammoniaque, de la coupe du coutenier dans sa partie le plus voisine des nerfs produit de même un réflexe généralisé. Il semblerait donc qu'après ces expériences, que la contraction des muscles striés provoque une excitation qui est transmise par des nerfs sensitifs aux centres nerveux, et que cette contraction s'accompagne d'une sensation spéciale qui lui correspond.

7^e SENSATIONS INTERNES.

Les sensations internes se distinguent des sensations externes par leur indétermination, la difficulté de les localiser dans une région précise et surtout par ce caractère essentiel que elles ne nous font connaître que des *états* de l'organisme sans nous mettre en rapport avec les objets extérieurs (*).

Ces sensations internes sont excessivement multipliées, chaque fonction, pour ainsi dire, s'accompagne de sensations particulières qui, très-souvent, passent inaperçues à cause de leur faible intensité et grâce à l'habitude, mais qui deviennent sensibles dès qu'elles acquièrent une certaine intensité et peuvent même, dans certains cas, arriver à un degré de violence insupportable pour l'organisme. Ces sensations internes sont d'ordres : les unes correspondent au non-exercice de la fonction, ainsi, qu'on retienne pendant quelque temps sa respiration, on sentira bientôt une gêne considérable de la région pectorale (attaches du diaphragme), un besoin de respirer qui, à la fin, devient intolérable, la faim, la soif, l'envie de dormir, etc. sont des sensations du même ordre, et on leur donne, en fait,

(*) Cependant cette distinction n'est pas absolue; le sens interne, par exemple, offre, à ce point de vue, la transition entre les sensations externes et les sensations internes.

soins. A un degré très-léger d'intensité, ces besoins ont un caractère agréable (appétit, besoin sexuel), mais atteignent une certaine force, ils deviennent rapidement les, puis douloureux. Quelques-uns, comme la nausée, le, sont toujours désagréables.

Une catégorie de sensations internes correspond à des fonctions; ainsi quand, après avoir retenu notre respiration, nous respirons largement, la pénétration de l'air dans les voies aériennes s'accompagne d'une sensation de bien-être, d'un afflux d'air pur dans les poumons; la satisfaction de la soif, l'exercice musculaire, etc., nous offrent le même genre de sensations qui peuvent atteindre une intensité variable, comme dans les sensations voluptueuses du coït. On appelle *sensations internes fonctionnelles*.

douleur, avec ses manifestations multiples, constitue un groupe de sensations internes.

Il nous faut maintenant passer rapidement en revue chacun de ces groupes de sensations internes.

1° Besoins.

La faim, quoique assez vaguement localisée, paraît avoir son siège dans la région épigastrique. Au début, la sensation est agréable (appétit), puis elle devient peu à peu douloureuse, même atroce (sensations de tiraillement, de torsion, de constriction de l'estomac). La faim est satisfaite par l'introduction de nourriture dans l'estomac avant même que la résorption des aliments et la digestion ait pu se faire; l'introduction de substances indigestibles peut la suspendre pour quelque temps; il en est de même de l'usage de l'alcool, du tabac, de l'opium. La sensation de la faim paraît due en partie aux contractions des fibres musculaires stomacales, en partie peut-être aussi aux nerfs sensitifs du plexus solaire; en tout cas, la section des pneumogastriques, comme on l'a vu, n'abolit pas la sensation de la faim (Sédillot), ce qui indique, au moins dans certaines conditions, une origine centrale, sans qu'on puisse encore préciser le siège de ce centre. Il doit cependant être placé dans la moelle allongée, car les fœtus anencéphales têtent et ont, par conséquent, la sensation de la faim.

La soif se localise dans le pharynx à la base de la langue et se fait surtout sentir au contact l'un de l'autre. Cette sensation diminue de la quantité d'eau à la suite de sueurs abondantes et de la muqueuse par cause de la bouche, arrêt de la salivation et de la sensation de la soif sont abolies par la section des glosso-pharyngéales, linguales, palatines (Longet, Schiff) ; par l'excitation de filets sympathiques, qu'il est impossible de localiser.

Il n'y a pas lieu de donner
autres besoins.

2° Sensations inte

Je ne parlerai ici que des sensations du coït. Ces sensations sensitifs de l'appareil génital, en des striés et lisses du même appareil tiennent à l'excitation du vagin, du clitoris et de la face interne des contractions musculaires du coït, du caverneux et des fibres lisses des testicules. Dans les mêmes conditions intervient la peau du pénis et du gland, la face interne et des fibres lisses du canal déférent, la prostate, etc. La preuve que le système sensitifs joue un rôle moins important que le système musculaire dans ces sensations, c'est que chez l'homme et chez la femme s'accroissent les sensations voluptueuses quoique l'excitation soit absente. Au moment de l'orgasme, d'abord localisée à l'appareil génital, en même temps qu'elle augmente dans toute la grande partie du système mus-

part (appareil musculaire de l'utérus et des annexes, les du mamelon, muscles lisses de la peau, etc.).

3° Douleur.

leur n'est pas la simple exagération d'une sensation ; elle apparaît bien, il est vrai, quand la sensation acquiert une intensité trop forte, mais il y a quelque chose de nouveau, quelque chose de particulier qui se surajoute à la sensation primitive. La sensation de douleur se montre surtout dans les organes qui sont doués de la sensibilité tactile ; mais on la rencontre aussi dans les muscles et dans les organes qui, à l'état normal, ne nous fournissent aucune sensation, os, viscères, etc. Elle est moins accentuée et se présente moins fréquemment dans les nerfs des sens, mais elle y existe cependant, quoique certains physiologistes prétendent le contraire ; la fatigue rétinienne, par exemple, est une forme de douleur. On peut donc dire d'une façon générale que toutes les parties pourvues de nerfs peuvent devenir le siège de sensations douloureuses.

Quant à la vue de la production de la douleur, les organes peuvent se comporter de deux façons : les uns, comme la peau, les os, etc., sont sensibles aux excitations provenant de l'extérieur ; la piqûre, la section, etc., y déterminent de la douleur ; les autres, au contraire, comme les muscles, peuvent être piqués, lacerés, sans qu'il y ait douleur ; ils sont, comme on dit, insensibles, quoique cependant ils puissent être le siège de douleur par une cause interne, comme celles de la crampe, de la fatigue. La localisation des sensations douloureuses se fait, en général, d'une façon peu précise. Quelquefois, il est vrai, elles se fixent à un point déterminé ou suivent les ramifications nerveuses, plus ordinairement et surtout quand elles occupent les parties profondes, elles sont diffuses et ne peuvent être exactement localisées.

L'intensité de la douleur dépend de l'intensité de l'excitation, de la durée d'application, de l'excitabilité de l'individu et de la partie impressionnée ; la quantité de fibres nerveuses affectées a aussi une très-grande importance. Si on plonge le bras dans de l'eau à 49°, on ne ressent aucune douleur ; si on plonge la main tout entière, on a une sensation de brûlure.

tactile est conservée, la sensibilité à la douleur inversement; autrement dit, il peut y avoir anesthésie, et anesthésie sans analgésie. (Voir : *Cent*

Bibliographie. — LECAT : *Traité des sensations*, 1767. — *Sinne des Menschen*, 1827. — PRUKHIN : *Sinne im Allgemeine Handwörterbuch*, 1849. — FREHNER : *Elemente der Psychologie Lehrbuch der Anat. und Phys. der Sinnesorgane*, 1864.

2. — PHYSIOLOGIE DES NERFS.

1° NERFS RACHIDIENS.

Procédés. — **MISE A NU DES RACINES RACHIDIENNES.**
On met à découvert les derniers arcs vertébraux par la dissection des muscles des gouttières; on coupe, de chaque côté, avec des ciseaux fins et assez forts, le ligament dural, puis les suivantes en prenant bien garde de ne pas couper les racines antérieures sont cachées par les postérieures; la dixième est très-volumineuse; la dixième est très-fine et accolée à la septième, huitième et neuvième forment l'ischiatique sciatique et le nerf crural; on peut alors sectionner la racine. — **2° Chien.** Chez le chien, on peut opérer sur la racine cervicale sans ouvrir le canal vertébral; si on opère sur la racine lombaire, il faut ouvrir le canal rachidien (voir *Morlle*). Après avoir reposé l'animal, on explore la sensibilité des racines sectionnées isolément. Le procédé est le même chez le cochon d'Inde, etc.

SECTION DU NERF RACHIDIEN (chien) (Morlle) 112

SECTION DU NERF PHRÉNIQUE (lapin). — 1° *A son origine* (voir *Section des branches du plexus brachial*). — 2° *A la partie inférieure du cou.* On incise la peau sur la ligne médiane; le nerf se trouve en dehors des insertions du sterno-mastoïdien, au confluent de la veine jugulaire interne et de la sous-clavière.

SECTION DES NERFS D'ORIGINE DU PLEXUS BRACHIAL (lapin). — 1° *Cinquième et sixième nerfs cervicaux gauches.* Position dorsale; le membre supérieur est tiré en bas; la tête et le cou sont inclinés du côté opposé; l'incision cutanée tombe sur l'épine de l'omoplate; on détache le releveur de l'omoplate et la partie supérieure du trapèze pour voir la direction de leurs fibres; le cinquième nerf cervical se trouve devant des scalènes antérieur et moyen; on s'oriente sur les apophyses transverses des vertèbres cervicales. — 2° *Huitième nerf cervical et premier dorsal (à droite).* Position dorsale; on incise la peau sur la ligne médiane; on détache les muscles pectoraux de leurs attaches au sternum; on met à découvert la veine et l'artère sous-clavière qu'on récline en haut; le tronc provenant des deux nerfs cherchés se trouve au-dessus, en arrière et en avant du scalène antérieur. (Krause, *Anat. des Kaninchens*.)

SECTION DU NERF MÉDIAN (lapin). — On incise la peau à la partie interne du bras, parallèlement au bord interne du biceps; le nerf est sous l'aponévrose en avant de l'artère humérale et du nerf cubital.

SECTION DU NERF CRURAL. — Le nerf a les mêmes rapports que chez l'homme.

SECTION DU NERF SCIATIQUE. — On le trouve à la partie supérieure et interne de la cuisse, entre le biceps et le demi-membraneux. On peut aussi le découvrir plus haut en traversant les fibres des muscles fessiers.

1° *Racines des nerfs rachidiens.*

1° Racines postérieures. — Les racines postérieures sont sensitives. Après la section de ces racines, les parties qui reçoivent ces nerfs des racines sectionnées sont insensibles; si on excite électriquement, piqure, etc.) le bout périphérique, aucun phénomène ne se produit; si on excite le bout central, il y a des signes de douleur (cris, mouvements) ou simplement des mouvements réflexes. La transmission dans les racines postérieures est donc tripartite. En outre, la section de ces racines n'abolit pas la sensibilité dans les parties correspondantes. En effet, si, après leur section, on pique la peau d'une autre région, des mouvements se produisent dans la région qui correspond aux racines sec-

tionnées. L'excitabilité des racines postérieures disparaît très vite après la mort.

2° Racines antérieures. — Des expériences analogues montrent que ces racines sont *motrices*. Après leur section, les parties innervées par elles ont perdu leurs mouvements. L'excitation du bout central ne produit rien, l'excitation du bout périphérique amène des contractions énergiques. Les contractions peuvent montrer dans les muscles lisses comme dans les muscles striés. D'après Steinmann, E. Cyon, etc., l'excitabilité des racines antérieures serait sous l'influence des racines postérieures, celles-ci enverraient aux racines antérieures des excitations continues qui maintiendraient la tonique musculaire, de sorte que, après la section, la hauteur de contraction des muscles diminuerait. Si on adapte au myographe de Marey un muscle (gastrocnémien de grenouille) chargé d'un poids (de 20 à 30 grammes), des que l'on coupe les racines postérieures, la courbe tracée indique un affaiblissement du muscle (E. Cyon). Ces résultats ont été contredits par d'autres observateurs. L'excitabilité des racines antérieures persiste assez longtemps après la mort.

Les racines antérieures contiennent en outre une partie de fibres *vaso-motrices*. (Voir *Nerfs vaso-moteurs*.)

Sensibilité récurrente. — Magendie et Cl. Bernard ont constaté que les racines antérieures sont aussi sensibles, seulement cette sensibilité présente des caractères particuliers. Elle disparaît après la section de la racine postérieure correspondante; il semble donc que cette sensibilité leur vienne de la racine postérieure.

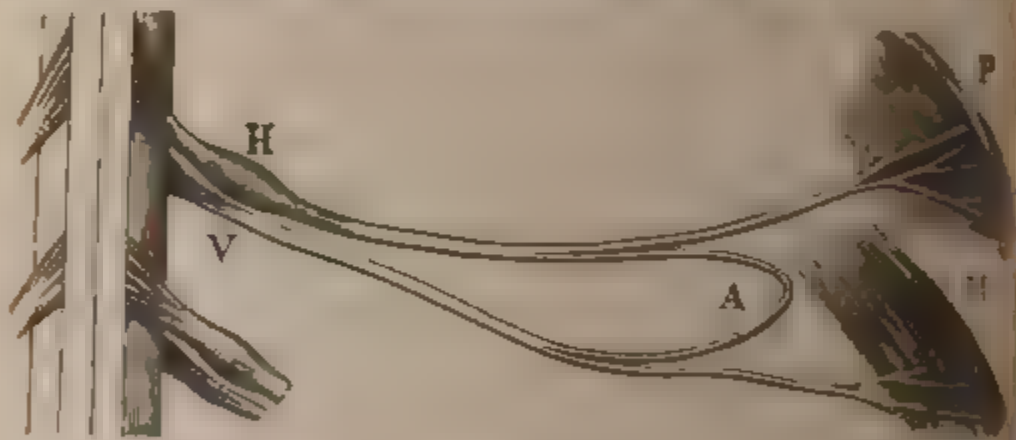


Fig. 234. Sensibilité récurrente. (Cl. Bernard.)

riure; en outre, elle paraît leur venir de filets récurrents (V. Fig. 234) qui partent du ganglion de la racine postérieure et se dirigent vers les racines antérieures.

vent à la racine antérieure V par son bout périphérique ; aussi si, la racine postérieure restant intacte, on coupe la racine antérieure, son bout périphérique reste sensible, tandis que son bout central est insensible. L'épuisement fait disparaître très-vite la sensibilité récurrente. Le lieu où se fait la récurrence du filet sensitif postérieur pour gagner la racine antérieure est encore indéterminé. D'après Cl. Bernard, la communication des deux racines se ferait à la périphérie, car la section des nerfs mixtes provenant de la jonction des deux racines abolit la sensibilité récurrente. A. Bouchard a constaté cependant chez quelques animaux, mouton, lapin, des filets récurrents se rendant directement de la racine postérieure à la racine antérieure.

D'après Brown-Sequard, les fibres nerveuses affectées à la sensibilité musculaire passeraient aussi par les racines antérieures ; chez la grenouille, les mouvements volontaires persisteraient avec leur précision habituelle après la section des racines postérieures ; mais l'expérience n'a pas donné le même résultat à d'autres physiologistes.

Les lois suivantes régissent la distribution des fibres des racines rachidiennes :

1° Les fibres fournies par une racine ne paraissent pas dépasser la ligne médiane ;

2° Chaque muscle ou chaque région cutanée reçoit ses fibres nerveuses de plusieurs racines, de sorte qu'une section d'une seule racine n'amène pas une paralysie complète ;

3° Les racines antérieures sont en rapport réflexe avec les racines postérieures correspondantes.

Les altérations qui succèdent à la section des racines rachidiennes ont été étudiées page 292.

2° *Nerfs rachidiens.*

Les nerfs rachidiens peuvent contenir : 1° des filets provenant des racines postérieures ; 2° des filets provenant des racines antérieures ; 3° des filets sympathiques, et leurs propriétés physiologiques dériveront nécessairement de la proportion de ces différents filets dans le nerf. On les distingue habituellement en sensitifs, moteurs et mixtes, mais il ne faut pas oublier que les nerfs sensitifs contiennent aussi des fibres vasc-motrices, et que

les nerfs moteurs renferment très-probablement des nerfs de sensibilité musculaire en outre des filets vaso-moteurs des muscles.

Il n'y a donc pas lieu de traiter à part la physiologie des nerfs rachidiens, puisqu'elle se confond avec la physiologie des nerfs sensitifs, moteurs et vasculaires.

2° NERFS CRANIENS.

a. — Nerf olfactif.

Procédés. — Pour détruire les lobes olfactifs ou les nerfs olfactifs avant leur passage à travers la lame criblée, on applique une couronne de trépan sur le frontal et on peut arriver facilement sur les nerfs.

Le nerf olfactif est le nerf de l'odorat. Après sa destruction, l'animal ne peut plus percevoir les odeurs, mais il est encore sensible aux excitants tactiles, comme l'ammoniaque. Magendie, reprenant une opinion déjà émise par Diemerbroek et Méry, a prétendu que l'odorat survivait à la destruction des nerfs olfactifs; mais ses expériences ont été contredites par presque tous les physiologistes. (Voir à ce sujet Cl. Bernard : *Leçons sur la phys. et la path. du système nerveux*, t. II, p. 226 et suivantes.)

b. — Nerf optique.

Procédés. — SECTION DU NERF OPTIQUE. — 1° *Section dans le crâne (lapin).* Le neurotome est introduit comme pour la section du trijumeau (voir *Trijumeau*); l'instrument est porté en avant et en dedans, le long de la face postérieure de la grande aile du sphénoïde; l'opération réussit rarement. — 2° *Dans l'orbite.* On introduit le neurotome entre le globe de l'œil et la paupière supérieure, à la partie postérieure de l'apophyse orbitaire externe du frontal, on fait glisser l'instrument le long de la partie postérieure de l'orbite et on coupe le nerf en avant du trou optique.

Le nerf optique est le nerf de la vision. Sa section produit la cécité; son excitation mécanique, électrique, etc., s'accompagne de sensations lumineuses subjectives; la lumière, quand elle est portée directement sur ses fibres, ne détermine aucune sensation.

elle ne peut agir sur lui que par l'intermédiaire de la rétine.
(Voir Vision.)

c. — Nerf moteur oculaire commun.

Procédés. — A. SECTION. — 1° Section intra-crânienne (lapin) ; pr. de Valentin. On traverse le crâne avec un neurotome comme pour la section intra-crânienne du trijumeau, mais dès qu'on arrive sur le corps du sphénoïde, on abaisse le manche de l'instrument et, en poussant un peu le neurotome, on sectionne le nerf; la blessure de l'artère carotide interne dans le sinus caverneux est difficile à éviter et amène une hémorragie mortelle. — 2° Section après ouverture du crâne. On enlève la voûte du crâne, les hémisphères; on sectionne les lobes olfactifs et les nerfs optiques, et en soulevant le cerveau, on arrive facilement sur le moteur oculaire commun. On peut employer le même procédé sur les chiens et les oiseaux (pigeon). — 3° Section intra-orbitaire. On pousse avec un crochet tranchant sur son bord concave par la paroi interne de l'orbite, et on saisit le nerf qui est libre sur l'extrémité antérieure du repli de la dure-mère qui vient s'insérer sur la selle turque.

B. ARRACHEMENT. — Procédé de Cl. Bernard (lapin). — Même procédé que le précédent, seulement le nerf est saisi avec un crochet mousse.

C. EXCITATION DU NERF. — 1° Excitation intra-crânienne. Le crâne est ouvert et le nerf mis à nu comme dans le procédé de section après ouverture du crâne. — 2° Excitation isolée des différentes branches du nerf.

A. ACTION MOTRICE. — Le nerf moteur oculaire commun est un nerf essentiellement moteur. Il innerve les muscles droits supérieur, inférieur et interne de l'œil, le petit oblique, le releveur de la paupière supérieure, le sphincter de la pupille et le muscle ciliaire (fig. 235, III).

1° Action sur le releveur de la paupière supérieure. — Sa paralysie produit une chute de la paupière supérieure qui ne peut se relever, quoique l'œil puisse se fermer davantage par l'action de l'orbiculaire.

2° Action sur les mouvements du globe oculaire. — Ce nerf est l'agent des mouvements de l'œil en bas, en haut, en dedans, et des mouvements de rotation autour d'un axe antéro-postérieur. Après sa section et sa paralysie, le globe oculaire est dévié dehors (strabisme divergent) par l'action combinée du droit

externe et du grand oblique, et les mouvements de rotation autour d'un axe antéro-postérieur sont partiellement abolis.

3° *Action sur la pupille.* — Il innerve le constricteur de la pupille; son excitation ou sa galvanisation intra-crânienne pendant la vie ou immédiatement après la mort produisent un rétrécissement de la pupille (qui n'a pu cependant être constaté par Cl. Bernard). Nuhn a observé le même fait sur un décapité. Après la section du nerf, la pupille est dilatée et ne se rétrécit plus sous l'influence de la lumière; cette dilatation est persistante. Cependant la pupille peut présenter encore des mouvements : ainsi elle peut se dilater encore par la galvanisation du grand sympathique, par l'action de l'atropine, et pourrait même, dans certains cas, diminuer de grandeur par la section du sympathique ou de l'ophthalmique de Willis (Cl. Bernard). Les mêmes phénomènes se présentent dans les cas de paralysie du nerf, sauf les cas de paralysie partielle où la dilatation pupillaire peut manquer. Une forte convergence des deux yeux suffit pour amener un rétrécissement de la pupille.

4° *Action sur l'accommodation.* — L'action du nerf moteur oculaire commun sur l'accommodation est plus controversée, et les cas de paralysie ne tranchent pas complètement la question. En effet, dans certaines paralysies on a vu l'accommodation persister, mais alors les mouvements de l'iris n'étaient pas abolis non plus, et il est probable que la paralysie était incomplète. Les fibres d'accommodation paraissent avoir des rapports avec les fibres qui vont au releveur, car, tant que le releveur n'est pas paralysé, il n'y a pas de troubles de l'adaptation. Les expériences directes pourraient seules décider la question, mais elles sont très-déliées. Cependant V. Trautvetter, en excitant le tronc du nerf, a vu se produire des variations de l'image par réflexion de la face antérieure du cristallin, comme dans l'accommodation, mais il n'a pu les constater que chez les oiseaux et pas chez les mammifères. L'excitation directe des nerfs ciliaires amène une saillie de la face antérieure du cristallin (Hensen et Völcker). L'influence du nerf moteur oculaire commun sur l'accommodation explique pourquoi la pupille se rétrécit dans la vision des objets rapprochés, se dilate dans la vision des objets éloignés. On peut ainsi, par la volonté, quoique indirectement, rétrécir ou dilater sa pupille.

5° *Action sur la situation du globe oculaire.* — La contrac-

des droits et de l'oblique inférieur maintient l'œil en situation et s'oppose à ce qu'il soit refoulé en avant par la pression des parties molles post-oculaires; après sa section on remarque une saillie assez prononcée du globe oculaire.

4° *Action sur la vision binoculaire.* — Ce nerf, en maintenant la solidarité des deux axes optiques, assure la vision simple binoculaire; aussi, après sa paralysie, la divergence de l'axe optique du côté paralysé produit la *diplopie croisée*.

B. *ACTION SUR LA SENSIBILITÉ.* — Le nerf moteur commun n'est pas sensible à son origine (Longet, Arnold), et la sensibilité qu'il présente plus loin est due à son anastomose avec l'ophtalmique. Cependant Valentin et Adamuk croient qu'il contient, dès son origine, des fibres sensitives et disent avoir constaté des signes de douleur par son excitation intra-crânienne. D'après Cl. Bernard, son tronc, dans son trajet intra-crânien, présente des signes évidents de sensibilité récurrente due à l'ophtalmique.

C. *ANASTOMOSES.* — 1° *A. avec l'ophtalmique.* — Elle lui fournit sa sensibilité; cette anastomose a été niée par Arnold et Schöff. — 2° *A. avec le plexus carotidien* — Elle fournit probablement les filets vaso-moteurs des muscles. — 3° L'anastomose avec la sixième paire, admise par quelques auteurs, n'existe pas.

Bibliographie. — FRANCKE : *Essai sur la paralysie de la 3^e paire*, 1851.

d. — Nerf pathétique.

Procédés. — Section intra-crânienne et intra-orbitaire; excitation. Mêmes procédés que pour le moteur oculaire commun, modifiés seulement d'après les rapports du nerf.

A. *ACTION MOTRICE.* — Le nerf pathétique innerve le grand oblique; il détermine le mouvement de rotation de l'œil par lequel la pupille est portée en bas et en dehors. Sa section ou sa paralysie abolissent ce mouvement et il en résulte, par l'action du moteur oculaire commun, que la pupille se porte un peu en haut et en dehors (action du petit oblique); les objets sont vus doubles, mais les images doubles, au lieu d'être croisées, sont *homologues*; l'image de gauche correspond à l'œil gauche et celle de droite à l'œil droit.

B. *SENSIBILITÉ.* — Sa sensibilité est nulle. Cl. Bernard lui

attribue la sensibilité récurrente, mais il n'a pu la vérifier expérimentalement.

C. ANASTOMOSES. — 1° L'anastomose avec l'ophtalmique paraît être qu'un simple accollement de fibres. — 2° L'anastomose avec le plexus carotidien fournit probablement les fibres (vaso-motrices) qui se trouvent dans le tronc du nerf.

Bibliographie. — SKOKALSKI : *De l'influence des muscles obliques sur la vision et de leur paralysie*, 1849.

e. — Nerf trijumeau.

Procédés. — A. SECTION. — 1° *Section intra-crânienne sans ouverture du crâne lapin.* On se sert d'un neurotome à lame triangulaire ou d'un instrument en forme de canif. La tête étant solidement fixée, on enfonce l'instrument entre la saillie du conduit auditif externe, l'oreille arrière et la saillie du condyle de la mâchoire inférieure en avant, on traverse ainsi l'écaille du temporal et on dirige l'instrument horizontalement en dedans le long du rocher, le tranchant tourné en avant, jusqu'à ce que les cris de l'animal indiquent qu'on est arrivé sur le nerf, on tourne alors le tranchant en bas et on relève le manche de l'instrument de façon à couper le nerf, on retire l'instrument de la main gauche en rasant l'os pour couper tout le tronc nerveux. Suivant qu'on est en avant ou en arrière, on coupe en avant ou en arrière du ganglion Gasser, suivant qu'on incline plus ou moins le tranchant en bas ou l'os on coupe toutes les branches ou seulement les deux supérieures ou l'ophtalmique seule. Les accidents à craindre sont : la section de l'artère carotide interne, l'ouverture du sinus caveux, la lésion du pédoncule cérébelleux moyen (reconnaissable aux mouvements de flexion du corps sur l'axe) ou celle du pédoncule cérébral (mouvement de manège), la fracture du rocher avec lésion de l'acoustique ou facial, etc. — 2° *Section après l'ouverture du crâne.* Même procédé que pour les autres nerfs crâniens. Pour les branches diverses du nerf, les ganglions sphéno-palatin et optique, etc., consulter les mémoires spéciaux.

B. *Excitation intra et extra-crânienne.* Mêmes procédés.

1° Branche ophtalmique de Willis. (Fig. 235.)

A. ACTION SENSITIVE. — La branche ophtalmique fournit la sensibilité (tactile, thermique, et sensibilité à la douleur) à la peau du front, du sourcil, de la paupière supérieure, de la muqueuse

du lobule du nez; 2° à la conjonctive palpébrale et oculaire, à la muqueuse des voies lacrymales, des sinus frontaux, à la partie inférieure de la muqueuse nasale; 3° à la cornée et à l'iris; 4° au crâne et aux os des régions frontale, orbitaire et probablement nasale; 5° elle fournit probablement la sensibilité musculaire

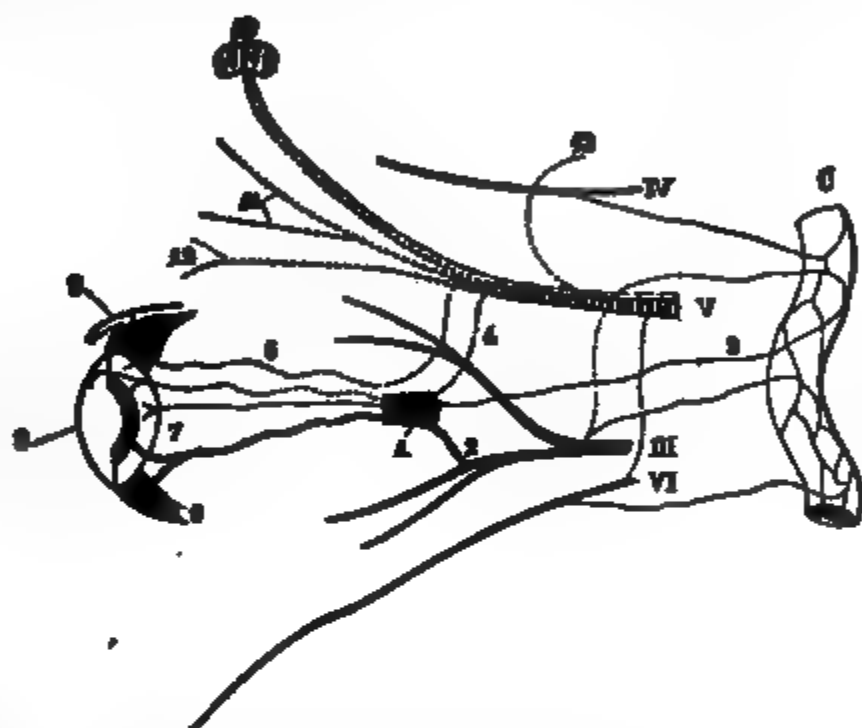


Fig. 225. — Innervation oculaire. (Figure schématique.)

des muscles intra-orbitaires (Sappey) et peut-être aussi aux muscles sourcilier, frontal et orbiculaire des paupières. La section de l'ophtalmique abolit la sensibilité dans toutes ces parties.

D'après Cl. Bernard, les filets ciliaires qui se rendent au globe oculaire sont de deux sortes, directs et indirects. Les filets directs (fig. 225, 5) provenant du nasal, vont à l'iris et à la conjonctive; les filets indirects (4) passant par le ganglion ophtalmique vont à l'iris et à la cornée. Il y aurait donc indépendance entre la sensibilité de la cornée et celle de la conjonctive; et, en effet, elles peuvent être abolies l'une

Fig. 225. — III, Nerf moteur oculaire commun. — IV, nerf pathétique. — V, nerf ophtalmique de Willis. — VI, nerf moteur oculaire externe. — C, carotide et plexus carotidien. — G, ganglion ophtalmique. — 2, sa racine motrice. — 3, sa racine sympathique. — 4, sa racine sensitive. — 5, filet ciliaire direct. — 6, muscle ciliaire. — 7, iris. — 8, cornée. — 9, conjonctive. — 10, glande lacrymale. — 11, nerf frontal. — 12, nerf nasal. — 13, filet ciliaire indirect. Dans cette figure schématique, comme dans les suivantes, les nerfs moteurs sont par des lignes épaisses; les nerfs sensitifs, par des lignes pointillées; les nerfs sympathiques ou vaso-moteurs par des lignes fines continues, les nerfs glandulaires par des traits ondulés.

sans l'autre. Dans la mort par la section du bulbe, la cornée reste sensible quand la conjonctive est déjà insensible; c'est l'inverse dans la mort par la strychnine; l'extirpation du ganglion ophthalmique abolit immédiatement la sensibilité de la cornée. Deimanx (thèse, 1842) cite le cas de paralysie du trijumeau, dans lequel l'œil était insensible à l'excitation de la cornée. Barwinkel a prétendu récemment, en se basant sur des faits pathologiques, que la cornée devait sa sensibilité au sympathique.

B. ACTION SÉCRÉTOIRE. — La sécrétion de la glande lacrymale est sous l'influence de l'ophtalmique. Cette influence, d'après Herzenstein et Volferz, s'exerce de deux façons :

1° Le nerf lacrymal agit directement sur la glande, si on excite son bout périphérique (lapin, chien, mouton, on obtient une sécrétion abondante, sa section est suivie, au bout d'un certain temps, d'une sécrétion continuelle (paralytique ?) ;

2° L'excitation des filets sensitifs de la première et de la deuxième branche du trijumeau produit une sécrétion de larmes du côté correspondant; cette action réflexe ne se produit plus après la section du nerf lacrymal.

C. ACTION NUTRITIVE OU TROPHIQUE. — Après la section du trijumeau, Magendie et après lui tous les physiologistes ont signalé des altérations spéciales du globe oculaire qui surviennent au bout de quelques heures chez le chien, plus lentement chez la grenouille. La cornée se trouble et s'opacifie et devient le siège d'une véritable kératite qui peut aboutir à une ulcération et à la perforation de la cornée; la conjonctive rougit et s'enflamme, il en est de même de l'iris (*fig.* 236, p. 909). Ces altérations sont accompagnées en même temps d'une diminution de tension du globe oculaire (Koehler, et, en effet, von Hippel et von Lagenfeld ont vu une augmentation de tension du bulbe succéder à l'excitation du trijumeau. Ces troubles de nutrition ont été aussi observés dans plusieurs cas de paralysie du nerf.

La cause de ces altérations a été très-controversée. Pour Sneren et d'autres, elles reconnaissent une cause mécanique et sont dues aux chocs des corps étrangers dont l'animal ne peut se garantir, n'en ayant pas conscience à cause de l'insensibilité de la cornée, en contrainvant l'œil avec la paupière correspondante (restée sensible après la section du nerf). Ces altérations ne se produiraient pas.

On les a attribuées encore au dessèchement de la cornée par la diminution soit par diminution de la sécrétion lacrymale (qui a été observée

9, soit par absence de clignement; mais ces explications sont peu satisfaisantes, car ces altérations ne se produisent pas quand on extirpe

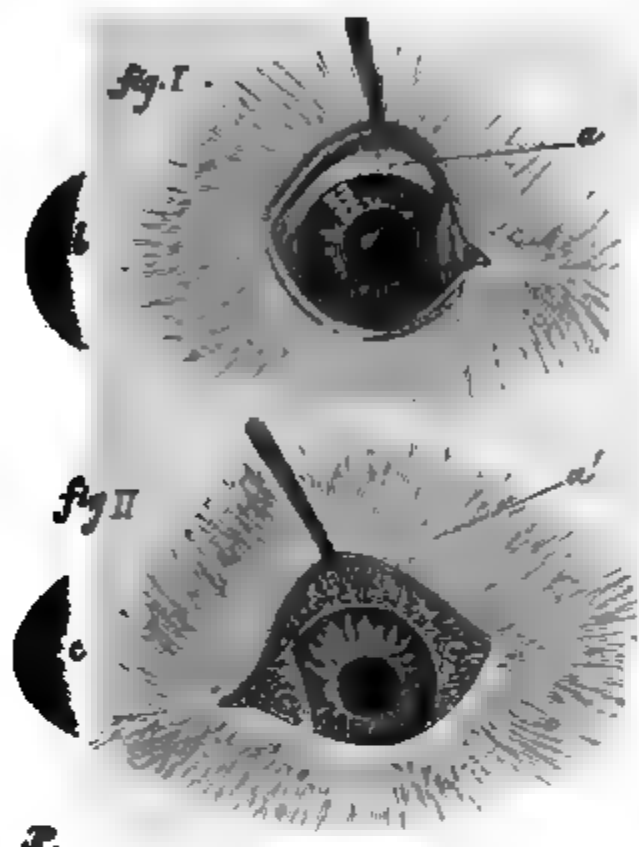


Fig. 234. — Altérations de l'œil après la section du trijumeau. (Cl. Bernard.)

de lacrymale ou quand on abolit le clignement par la section du

On fait remarquable, c'est que les altérations de sensibilité de l'œil et les altérations de nutrition paraissent jusqu'à un certain point indépendantes les unes des autres. Magendie avait déjà remarqué que si on coupe le nerf avant son passage sur le rocher, les altérations de nutrition étaient moins prononcées, tandis qu'elles étaient plus graves si on coupait après le ganglion de Gasser, et le fait a été confirmé par Biot et Carnochan. Meissner, qui a étudié le phénomène de plus près, a vu que, chez le lapin, quand la section intra-crânienne respecte le nerf interne du nerf, la conjonctive et la cornée sont insensibles, et ne présentent pas trace d'inflammation, tandis que si la partie supérieure et interne est seule coupée, la conjonctive et la cornée restent insensibles, mais sont atteintes par l'inflammation. Les fibres sensitives et les fibres trophiques ne suivraient donc pas la même voie.

1. 234. — I. Œil normal du côté non opéré; il y a à peine quelques vaisseaux grêles en c. — II. Œil du côté opéré, — d' injection dans la conjonctive. — c, cornée du côté opéré.

Maintenant une autre question se présente. Ces fibres appelées au trijumeau ou lui viennent-elles du grand sympathique, le croyait Magendie? Magendie se basait sur ce fait que, après le ganglion cervical supérieur, on observe des altérations de l'œil correspondant. Mais Cl. Bernard a montré qu'il n'en est ainsi et que cette inflammation de la conjonctive ne se produit chez les animaux malades, au contraire, chez les animaux sains, une sorte d'antagonisme entre la cinquième paire et le grand sympathique, ainsi la section de la cinquième paire produit l'abaissement de la température du côté correspondant de la tête et l'ablation du ganglion cervical supérieur lui a paru, chez les animaux opérés du même côté, retarder l'apparition des phénomènes oculaires.

Schiff et V. Bezold croyaient que ces altérations provenaient d'une paralysie paralytique des vaisseaux sanguins par suite de la dilatation paralytique des vaisseaux sanguins par suite de la section des fibres vaso-motrices provenant de la moelle allongée. D'après les expériences récentes de Cl. Bernard, au contraire, elles seraient dues à la section des fibres vaso dilatatrices qui arrivent au nerf trijumeau et le ganglion, en effet, la section du nerf à ce niveau produit des troubles de l'œil sans que les fibres soient dégénérées, on ne peut donc pas pécher de rattacher ces lésions à des nerfs trophiques.

On voit que la question de l'origine et de la nature trophique (ou vasculaire) de ces fibres nerveuses du trijumeau n'est pas entièrement tranchée.

D. ACTION SUR L'IRIS ET LA PUPILLE. — La section du ganglion de Gasser ou de l'ophtalmique rétrécit fortement l'iris (Magendie), l'excitation du ganglion de Gasser amène la dilatation de la pupille.

Budge, se basant uniquement sur les faits de section croyait que le rétrécissement pupillaire était dû à l'excitation de fibres propres au sphincter de l'iris, et citait à l'appui ce fait que après la section de l'oculo-moteur commun, la section du trijumeau produit le rétrécissement pupillaire. L'expérience est exacte mais le rétrécissement serait, dans ce cas, temporaire et non permanent. Comme en réalité, du reste la meilleure objection est que l'excitation du ganglion de Gasser produit la dilatation de la pupille.

On ne peut penser non plus à une action réflexe du trijumeau sur l'oculo-moteur, d'autant plus que si la section est faite au-dessus du ganglion de Gasser, il n'y a plus de rétrécissement pupillaire. On est donc conduit à admettre dans l'ophtalmique et dans le ganglion de Gasser des fibres dont l'excitation produit la dilatation pupillaire. Mais quelle nature sont ces fibres? Sont-ce des fibres motrices allant au dilatateur de l'iris, ou bien, ce qui est plus probable, des fibres

motrices? Dans ce cas, l'effet sur la pupille ne serait que secondaire et dû à l'état même des vaisseaux. Ceci s'accorderait avec l'observation de Schiff, qui a vu la dilatation des vaisseaux de l'iris succéder toujours à la section du trijumeau.

Ces fibres dilatatrices iriennes paraissent d'abord dans le ganglion de Gasser, car la section du trijumeau avant le ganglion ne produit pas la constriction de la pupille⁽¹⁾; elles ne proviennent pas non plus du sympathique, car après l'ablation du ganglion cervical supérieur, l'excision du ganglion de Gasser dilate encore la pupille. Ces fibres naissent donc dans le ganglion de Gasser même, et de là se rendraient dans la branche ophthalmique.

E. GANGLION OPHTHALMIQUE. — L'ablation du ganglion ophthalmique produit immédiatement l'insensibilité de la cornée; cependant, par lui-même, le ganglion, au moins chez le lapin, est insensible (Cl. Bernard); les nerfs ciliaires qui en partent, au contraire, sont sensibles; la section de ces nerfs, sauf chez le chat, amène une dilatation de la pupille.

La courte racine du ganglion, venant du moteur oculaire commun, fournit des filets au sphincter de l'iris; la racine sympathique, les filets dilatateurs de l'iris; la longue racine, les filets sensitifs de l'iris et de la cornée. Les filets ciliaires directs, venant du nasal et s'accolant aux nerfs ciliaires, iraient, d'après Cl. Bernard, à l'iris et à la conjonctive. Hensen et Voelkers ont vu l'excitation directe des nerfs ciliaires amener une saillie de la face antérieure du cristallin.

F. ANASTOMOSES. — Les anastomoses de l'ophthalmique avec le nerf moteur oculaire commun et externe et avec le pathétique⁽¹⁾ fournissent probablement aux muscles innervés par ces nerfs la sensibilité musculaire. L'anastomose avec le plexus ciliaire contient sans doute une partie des fibres vaso-motrices de l'ophthalmique.

3° Nerf maxillaire supérieur. (Fig. 237.)

ACTION SENSITIVE. — Le nerf maxillaire supérieur fournit la sensibilité : 1° à la peau de la paupière inférieure, de la pommette, de l'aile du nez, de la lèvre supérieure; 2° à la muqueuse

⁽¹⁾ Schögh croit cependant avoir vu une dilatation de la pupille par la section du trijumeau avant le ganglion (lapin).

des régions nasale, pharyngienne, palatine, au sinus maxillaire aux gencives, à la lèvre supérieure; 3° à la dure-mère, 2°

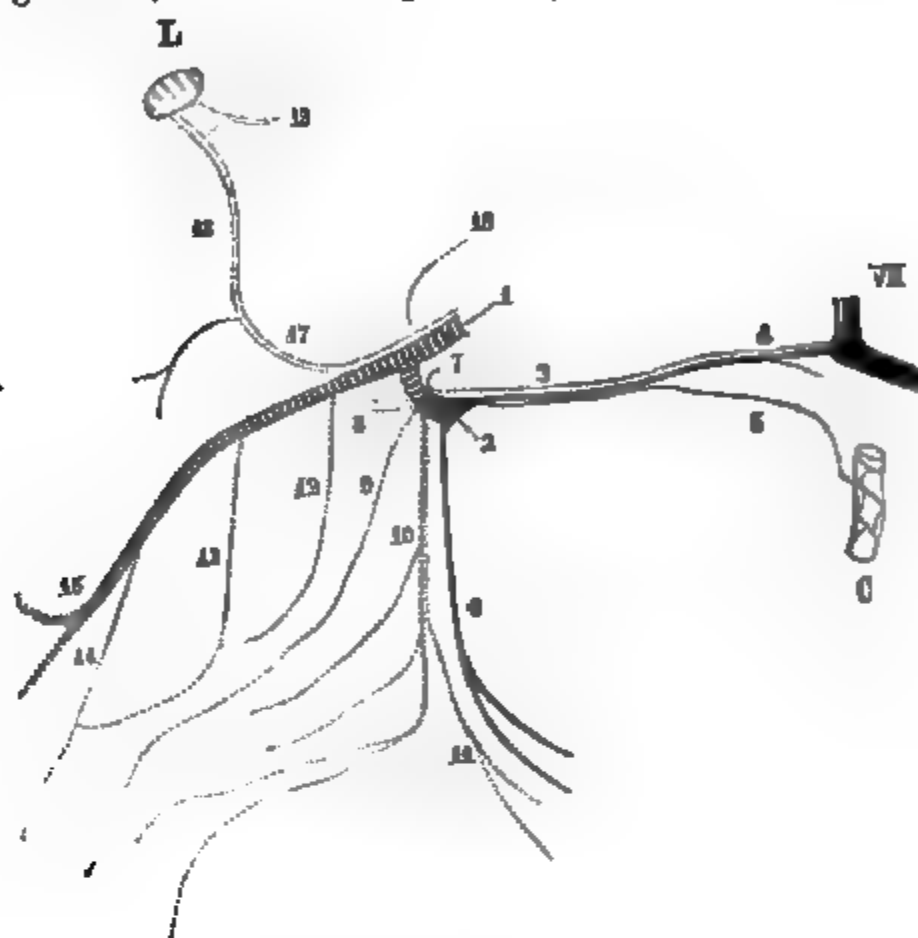


Fig. 237. — Nerf maxillaire supérieur. (Figure schématisque.)

rioste et aux os correspondant à sa distribution; 4° aux dents de la mâchoire supérieure; 5° à une partie des muscles annexes; 6° au nerf facial.

B. ACTION SÉCRÉTOIRE. — Il fournit des filets aux glandes nasales et palatines et probablement aux glandes du voile du palais. Par sa branche temporo-malaire, il donne un filet à la glande lacrymale. Herzenstein et Völkers ont vu chez le lapin, le chien et le mouton, l'excitation directe du nerf temporo-malaire produire la sécrétion lacrymale, mais en moins grande quantité que l'excitation du nerf lacrymal lui-même.

Fig. 237. — 1, nerf maxillaire supérieur. — 2, ganglion de Meckel. — 3, nerf du grand pétreux superficiel. — 4, grand pétreux superficiel. — 5, filet carotidien du nerf vidien. — 6, nerf palatin inférieur. — 7, nerf du muscle lisse orbitaire. — 8, nerf sphéno-palatin. — 9, nerf du grand nerf palatin. — 10, grand nerf palatin. — 11, petit nerf palatin. — 12, nerf alvéolaire postérieur. — 13, nerf alvéolaire moyen. — 14, nerf alvéolaire antérieur. — 15, nerf sous-orbitaire. — 16, nerf récurrent. — 17, nerf temporo-malaire. — 18, nerf lacrymal. — 19, nerf lacrymal l'ophtalmique. — VII, nerf facial. — C, artère carotide et plexus carotidien. — L, plexus lacrymale.

L'excitation des filets sensitifs (nasaux surtout) de la branche axillaire supérieure amène, par action réflexe, un écoulement abondant de larmes du côté correspondant.

C. ACTION VASO-MOTRICE. — Ce nerf fournit les fibres vasomotrices qui accompagnent les artères des fosses nasales, mais ces fibres proviennent probablement en partie du grand sympathique.

D. ACTION NUTRITIVE OU TROPHIQUE. — Comme du côté du lobe oculaire, la section du trijumeau est suivie de lésions de nutrition des fosses nasales; la muqueuse devient fongueuse, rouge, saignante, et la fosse nasale correspondante sécrète une très grande quantité de mucus. La cause de ces troubles de nutrition a été moins étudiée que pour les phénomènes oculaires et présente encore plus d'obscurité.

E. ACTION SUR L'ODORAT. — Le trijumeau contribue à la conservation et à la perfection de l'odorat. Il agit de deux façons : 1° en maintenant par ses fibres trophiques (ou vaso-motrices) l'intégrité de structure et la vascularité convenable de la muqueuse; 2° en influençant, par ses fibres glandulaires, les sécrétions nasales et par suite l'humidité de la muqueuse. On a vu plus haut (voir : *Nerf olfactif*) le rôle que Magendie a voulu lui faire jouer dans l'olfaction.

F. ACTION EXCITO-RÉFLEXE. — L'excitation, et surtout l'excitation mécanique des branches du voile du palais, produit, par action réflexe, des mouvements de déglutition. Ces mouvements disparaissent après la section du trijumeau. (Prévost et Waller.)

G. GANGLION SPHÉNO-PALATIN. — L'extirpation du ganglion sphéno-palatin (arrachement) n'a pas donné de résultats très précis à Cl. Bernard; il n'a rien observé après son ablation, ni du côté de l'œil, ni du côté des narines, sauf un écoulement séreux comme dans le coryza, chez un chien auquel il avait arraché les ganglions des deux côtés. Prévost a fait récemment une série de recherches sur ce ganglion chez des chats, des chiens et des chats, et est arrivé aux conclusions suivantes : Son extirpation n'est pas douloureuse et n'est suivie d'aucune altération de nutrition ni de modifications dans la vascularité de la muqueuse nasale dont la sensibilité est intacte; l'odorat n'est pas affecté, plus que le goût. La galvanisation du ganglion (chien) provoque un écoulement de mucus par la narine du même côté et une augmentation de température, phénomènes qui ne se pro-

duisent pas par l'excitation du bout supérieur du ganglion sympathique cervical.

Le ganglion de Meckel (*fig. 237, 2*) reçoit ses racines sensitives du tronc même du maxillaire supérieur, sa racine motrice du facial (voir : *Facial*) par le grand nerf pétreux superficiel (4) et le nerf vidien (3), sa racine sympathique du plexus carotidien par le grand nerf pétreux profond (5) et le nerf vidien.

Le ganglion de Meckel fournit des filets sensitifs et des filets moteurs. Les filets *sensitifs*, sphéno-palatins, pharyngien, nerf palatin et grand et petit nerf palatin, fournissent la sensibilité aux muqueuses nasale et palatine. Les nerfs sphéno-palatins et palatins proviennent du tronc du maxillaire supérieur et ne font que traverser le ganglion; le nerf naso-palatin, au contraire, proviendrait des cellules nerveuses du ganglion. Cl. Bernard a trouvé le nerf naso-palatin insensible et a vu chez un chien la sensibilité de la muqueuse nasale persister après la section de ces deux nerfs naso-palatins. En outre, le ganglion fournit très probablement des filets sensitifs au facial par le nerf vidien et le grand pétreux superficiel (voir : *Facial*); cependant Prévost n'a pas vu de dégénérescence dans les filets du nerf après l'extirpation du ganglion.

Les filets *moteurs* proviennent du facial et se rendent, par le nerf palatin postérieur (6), aux muscles péristaphylin interne et palato-staphylin. Le ganglion fournit aussi un petit filet au muscle lisse orbitaire de H. Muller, filet qui, d'après Prévost, ira plutôt aux vaisseaux qu'aux fibres musculaires.

II. ANASTOMOSES. — Abstraction faite des anastomoses de ses filets périphériques, avec les branches du facial principales, le nerf maxillaire supérieur a les anastomoses suivantes : 1° une anastomose avec le facial par le nerf vidien et le grand pétreux superficiel; il reçoit du facial les filets moteurs du voile du palais; il lui fournit (probablement) des filets sensitifs; 2° une anastomose avec le plexus carotidien par le nerf vidien et le grand pétreux profond; elle paraît être composée de fibres vaso-motrices.

3° Nerf maxillaire inférieur. (Fig. 238.)

A. ACTION SENSITIVE. — Le nerf maxillaire inférieur (branche inférieure du ganglion de Gasser) fournit la sensibilité : l'a

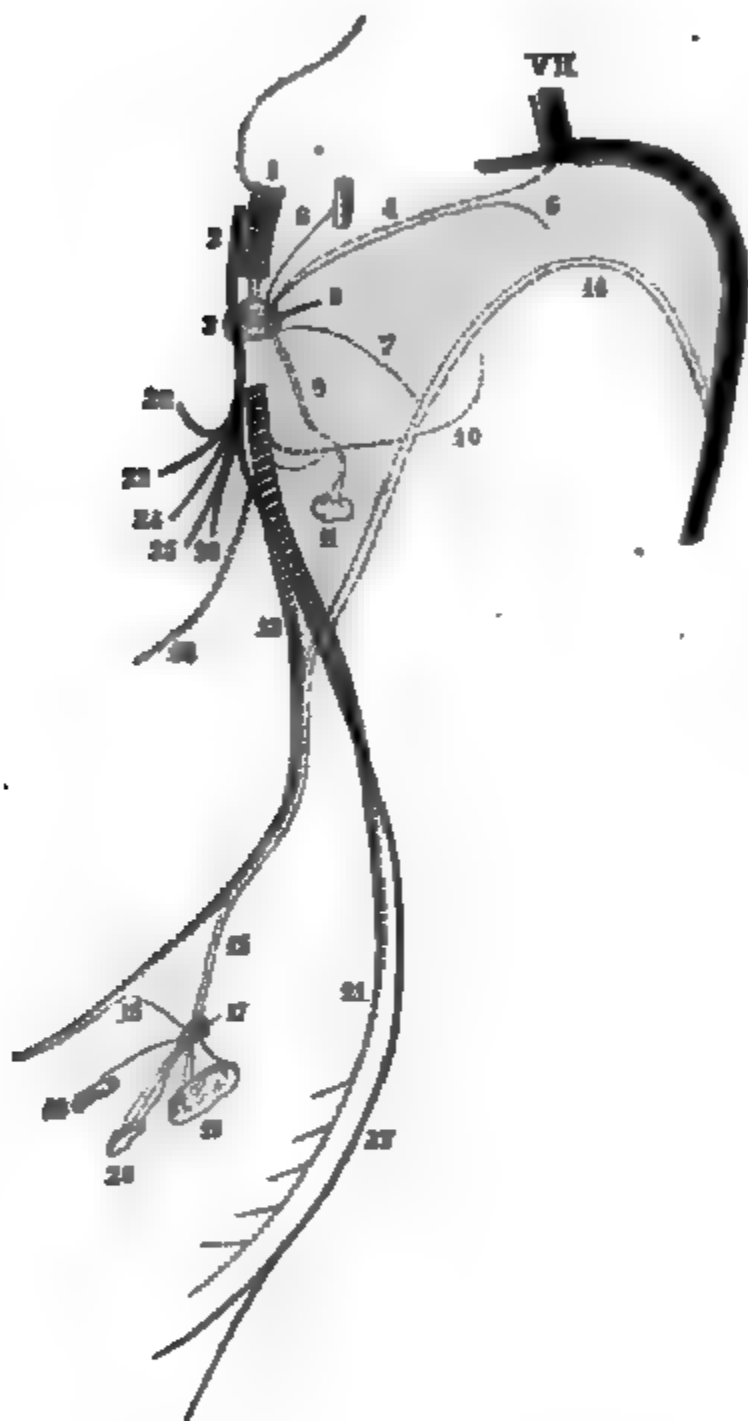


Fig. 238. — Nef maxillaire inférieur. (Figure schématique.)

238. — 1, nef maxillaire inférieur (sa racine sensitive fournit un filot récurrent). — 2, filot récurrent. — 3, ganglion otique. — 4, petit pétreux superficiel. — 5, son anastomose le nef de Jacobson. — 6, sa racine sympathique venant de l'artère méningée. — 7, son anastomose avec la corde du tympan. — 8, nef du muscle du marteau. — 9, son anastomose avec l'auriculo-temporal. — 10, nef auriculo-temporal. — 11, nerf buccal. — 12, nef lingual. — 13, corde du tympan. — 14, de la corde et du lingual au ganglion sous-maxillaire. — 15, ganglion sous-maxillaire. — 16, rameaux périphériques se rendant au ganglion. — 17, ganglion sous-maxillaire. — 18, artère faciale et rameaux qui se rendent au ganglion. — 19, glande sous-maxillaire. — 20, glande sublinguale. — 21, dentaire inférieur. — 22, nerfs temporaux. — 23, nef masséterin. — 24, nef du diam externe. — 25, nef du ptérygoïdien interne. — 26, nef du péristaphylin ex. — 27, nef mylo-hyoïdien. — VII, nef facial.

peau des joues, des lèvres, du menton, de la partie antérieure du pavillon de l'oreille et du conduit auditif interne ; 2° à la muqueuse des joues, des lèvres, du plancher buccal, des gencives, de la partie antérieure de la langue, à la muqueuse du tympan (une partie seulement) et des cellules mastoïdiennes ; 3° à la dure-mère, au maxillaire inférieur au temporal, et à la périoste ; 4° aux dents de la mâchoire inférieure ; 5° à l'articulation temporo-maxillaire ; 6° aux muscles correspondants (sensibilité musculaire).

B. ACTION SUR LE GOÛT. — Le nerf glosso-pharyngien n'est pas le nerf exclusif du goût : le lingual ne fournit pas seule la sensibilité tactile à la partie antérieure de la langue ; il fournit encore la sensibilité gustative. La section du lingual pratiquée plusieurs fois chez l'homme, abolit le goût (pour les saveurs sucrées surtout) dans la partie antérieure de la lan-

D'où viennent ces fibres gustatives du lingual ? Proviennent-elles du tronc ou de l'anastomose de la corde du tympan ? Les opinions sont partagées sur cette question. Lussana, pour prouver que ces fibres ne viennent pas du tronc, cite plusieurs cas de paralysie complète de ce nerf avec perte de sensibilité tactile à la partie antérieure de la langue et conservation du goût, mais ces observations n'ont pas été confirmées par d'autopsies et il est difficile de savoir exactement quelles pouvaient être les lésions existantes. Eckhard a, du reste, mentionné des cas contraires quoique trop peu précis. L'expérimentation seule pouvait résoudre la question, malheureusement elle n'a donné que des résultats contradictoires. Tandis que, d'après Inzani, l'excision du nerf lingual sans réunion à la corde du tympan n'enlève en rien la sensibilité gustative, Schiff a cru constater un affaiblissement, et Prévost a vu, dans plusieurs cas, la sensibilité gustative qui persistait encore, quoique affaiblie, après la section des deux glosso-pharyngiens et des deux cordes du tympan être abolie complètement après la section des linguales. En tout cas, il est très-probable qu'une partie au moins des fibres gustatives du lingual provient de la corde du tympan. Cependant la section de la corde du tympan a donné des résultats différents, suivant les expérimentateurs et en général peu précis, si les uns ont observé, à la suite de la destruction des deux cordes du tympan dans la cavité tympanique, la perte complète du goût dans la partie antérieure de la langue, d'autres, et Prévost en particulier, n'ont observé, sauf dans un cas, qu'un affaiblissement du goût. On lui reconnaît qu'un rôle accessoire. L'excitation de la corde du tympan a donné de résultats plus certains. L'irritation mécanique avec un pinceau (Tröeltsch) ou par injection d'un liquide dans la trompe, la faradisation (Duchenne) ne produisent qu'un picotement ou un fourmillement de

la poutre de la langue et de la salivation, mais pas de sensibilité gustative. Du reste, les expérimentateurs ne sont même pas d'accord sur la sensibilité de la corde; les uns la trouvent sensible (Morgagni), les autres insensible (Eckhard) aux excitations directes (voir : *Facial*).

Schiff fait suivre aux fibres gustatives un trajet beaucoup plus compliqué, puisqu'il les fait passer par le ganglion sphéno-palatin; d'après lui, les filets gustatifs de la partie antérieure de la langue quittent l'encéphale avec les racines du trijumeau, suivent le tronc du maxillaire supérieur, traversent le ganglion sphéno-palatin, vont par le nerf vidien et le grand nerf pétreux au ganglion géniculé du facial, descendent avec le tronc du facial et gagnent la corde du tympan pour aller se distribuer avec le nerf lingual; une autre partie va directement du ganglion sphéno-palatin au maxillaire inférieur (Schiff: *Leçons sur la physiologie de la digestion*, 1868, t. 1^{er}, p. 125); mais cette opinion est peu acceptable en présence de ce fait bien constaté que l'extirpation du ganglion sphéno-palatin est sans influence sur le goût. (Alcock, Prévost.)

G. ACTION SUR L'AUDITION. — Le maxillaire inférieur n'a qu'une action très-indirecte sur l'audition par les filets sensitifs, glandulaires et musculaires qu'il fournit aux organes auditifs.

D. ACTION SÉCRÉTOIRE. — 1° *Sécrétion parotidienne.* — L'excitation du bout périphérique du nerf auriculo-temporal excite la sécrétion parotidienne (Cl. Bernard, Schiff); sa section arrête cette sécrétion; le nerf auriculo-temporal est donc le nerf glandulaire de la parotide.

D'où viennent les filets glandulaires qu'il contient? Ils ne proviennent pas, comme on le croyait, du trijumeau. En effet, l'excitation intra-crânienne du trijumeau n'a aucune action sur la salivation parotidienne, et Rahn, en touchant le ganglion de Gasser avec l'acide nitrique, a obtenu cette sécrétion, c'est que le liquide atteignait le petit pétreux superficiel placé au-dessous de lui; quant aux cas de salivation par le canal de Stenon dans les névralgies du trijumeau, leur interprétation est trop difficile pour qu'on puisse en conclure quelque chose de précis. Ces fibres glandulaires proviennent évidemment du facial. En effet, malgré l'assertion contraire de Schroeder, l'excitation intra-crânienne du facial provoque la salivation parotidienne (Czermack, Nawrocki); on a observé

salivations abondantes dans les paralysies du facial.

Quelle voie ces fibres glandulaires passent-elles du facial dans l'auriculo-temporal? C'est surtout à Cl. Bernard qu'on doit l'élucidation de ce fait. Si on coupe le nerf facial à sa sortie du trou stylo-mastoïdien et qu'on excite le bout central, la salivation parotidienne se produit; si on excite le bout périphérique, la salivation ne se produit pas; ces fibres rattachent donc le nerf avant sa sortie du trou stylo-mastoïdien;

elles ne passent donc pas dans la corde du tympan, car la section de la corde dans la caisse n'empêche pas la salivation parotéenne de se produire, ce n'est pas non plus le grand nerf pétreux superficiel, l'extirpation du ganglion de Meckel ne l'empêche pas non plus de fonctionner, il reste plus comme voie, à ces fibres glandulaires, que le petit nerf pétreux superficiel (fig. 238, 3) qui s'anastomose avec le ganglion du facial et va au ganglion otique, en effet, l'extirpation du ganglion otique (Schiff, Cl. Bernard), ou la section du petit nerf pétreux superficiel (Schiff) arrêtent la salivation. Pour Schiff, il y a un arrêt de l'excrétion que de la sécrétion salivaire.

2° *Sécrétion de la glande sous-maxillaire* (voir la section de la glande sous-maxillaire).

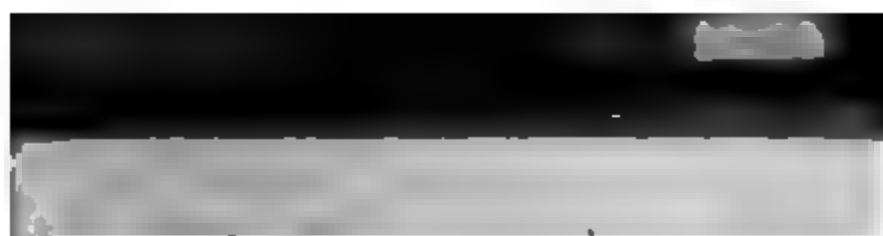
3° *Sécrétion de la glande sublinguale* — Cette glande fonctionne comme celle de la glande sous-maxillaire est sous l'influence de la corde du tympan.

Quant aux sécrétions des autres glandes muqueuses de la cavité de la langue, des joues ou du plancher buccal, elles doivent être sous l'influence des branches du maxillaire inférieur sans qu'il soit possible d'affirmer que ces fibres sécrétoires proviennent de la corde du tympan. Les branches terminales du lingual présentent dans le voisinage des petites glandes et de leurs conducteurs, de petits ganglions microscopiques (Remak) qui sont probablement en rapport avec la sécrétion.

E. ACTION VASO-MOTRICE. — Le trijumeau fournit un grand nombre de filets vaso-moteurs qui accompagnent les artères de la cavité buccale. La dilatation des vaisseaux de la partie antérieure de la langue et la rougeur qu'on observe par l'excitation du trijumeau du lingual sont dues aux fibres vaso-dilatatrices. Le trijumeau fournit la corde du tympan (voir ce nerf).

F. ACTION TROPHIQUE. — L'action trophique des branches du maxillaire inférieur est encore douteuse, chez le lapin, quoiqu'il y ait un accroissement des dents est continu, la section du maxillaire inférieur n'empêche pas les dents de repousser et cette section est suivie d'altérations de nutrition de la muqueuse des lèvres, la muqueuse est rouge, gonflée et présente au bout de peu de temps des ulcérations. On a admis comme probable que ces lésions étaient dues à des pressions mécaniques exercées sur les parties devenues insensibles par la section. La question est encore de nouvelles recherches.

G. ACTION MORTRICE. — La petite racine ou racine



ameau (fig. 238, 2) se distribue aux muscles qui meuvent la mâchoire inférieure, ou, d'une façon plus générale, à tous les muscles qui interviennent dans la mastication, sauf les muscles de la langue et des joues; d'où le nom de *nerf masticateur*. Il innerve le temporal, le masséter, les deux ptérygoidiens, le ventre inférieur du digastrique, le mylo-hyoïdien et le péristaphylin interne, comme le prouvent sa distribution anatomique, sa section et son excitation directe. Il ne pourrait y avoir de doute

pour le péristaphylin externe; mais Hein a vu des contractions dans le voile du palais par l'excitation de la petite racine du trijumeau. Il commande donc les mouvements suivants: élévation, abaissement, diduction de la mâchoire inférieure, tension du plancher buccal, tension du voile du palais.

Le *nerf buccal* n'innerve pas le muscle buccinateur qu'il ne traverse que pour aller à son innervation; l'excitation du *nerf buccal* ne produit de contractions ni dans le buccinateur ni dans le buccin.

La petite racine innerve en outre le muscle interne du marteau tenseur du tympan par un filet qui traverse le ganglion otique. Ritter et Ludwig ont obtenu des contractions de ce muscle par l'excitation intra-crânienne du trijumeau.

Après la section de la cinquième paire des deux côtés, la mâchoire se pendante et l'animal ne peut plus ni mâcher ni avaler. Quand la section a été faite d'un seul côté, la mâchoire est déviée et attirée du côté sain; les dents supérieures et inférieures ne se correspondent plus, et chez les animaux chez lesquels l'accroissement des incisives continue, comme le lapin, au bout de quelques jours les dents présentent un bord libre oblique dû à l'accroissement plus grand de l'incisive supérieure du côté opéré et de l'incisive inférieure du côté sain.

III. GANGLION OTIQUE (fig. 238, 3). — D'après Arnold, le ganglion otique recevrait trois espèces de racines. La racine motrice courte racine viendrait de la partie motrice du maxillaire inférieur, ou, suivant Hyrtl, du nerf du ptérygoidien interne au moment de son passage au travers du ganglion, ce qui revient physiologiquement au même. Longet, au contraire, fait provenir la racine motrice du facial par le petit nerf pétreux superficiel; mais cette dernière opinion est peu admissible si l'on réfléchit que tous les filets moteurs fournis par le ganglion otique vont au péristaphylin externe et au muscle du marteau) pro-

viennent en réalité de la racine *sensitive* vient du glosso-pharyngien, le petit pétreux profond externe (Hyrth et Rudinger) la font provenir du ganglion de Gasser. La racine *sensitive* entoure l'artère méningée moyenne, par le petit pétreux superficiel et les glandes parotidiennes qui proviennent de la racine *sensitive*.

Le ganglion otique fournit : 1° par l'anastomose avec l'auriculaire le petit pétreux superficiel et le nerf muqueux de la caisse du tympan; 2° des filets venant du facial et allant au nerf du muscle interne du maxillaire; 3° des filets moteurs, le nerf du muscle interne du maxillaire avec la corde du tympan, dont on a vu l'existence.

1. GANGLION SOUS-MAXILLAIRE. — Ce ganglion fournit les filets du nerf maxillaire. Arnold et Longet ont vu que le ganglion reçoit une racine motrice par le tympan, une racine *sensitive* par le nerf maxillaire et une racine *sympathique* fournie par le nerf maxillaire; mais il est difficile de démontrer cela. En réalité, le ganglion reçoit le

1° Des filets provenant de la racine motrice du facial. En effet, le facial tient à la glande salivaire de la glande sous-maxillaire et de la sublinguale. Après la section de la corde du tympan dégénérées les racines du ganglion (Vulpian); le facial produit la salivation sous-maxillaire; la corde produit le même effet (salivation réflexe produite par la section de la corde du maxillaire (Cl. Bernard). L'excitation du facial l'ont prouvé surtout les recherches de Heidenhain, la corde contiendra

tement sur les cellules glandulaires (fibres sécrétoires); sous l'influence d'une excitation prolongée, ces cellules se vident de leur contenu, mais sans disparaître, comme le croit Heidenhain, et fournissent le produit de sécrétion (Ranvier).

La corde du tympan agit en outre sur les vaisseaux de la glande; son excitation amène leur dilatation; elle contiendrait donc, outre les fibres glandulaires, des fibres vaso-dilatatrices. Ces deux ordres de fibres la corde est en antagonisme avec les filets sympathiques de la glande.

2° Les filets sympathiques qui viennent du plexus qui entoure l'artère faciale ont aussi une action sur la sécrétion sous-maxillaire, action prouvée par l'expérimentation. L'excitation du grand sympathique cervical amène une production de salive, *salive sympathique*, qui a des caractères différents de ceux de la salive de la corde, et présente surtout beaucoup plus de mucus; aussi Heidenhain admet-il dans les filets sympathiques une très-faible quantité de fibres glandulaires proprement dites et une prédominance de fibres mucipares. La racine sympathique contient aussi des fibres vasculaires, mais ces fibres sont des nerfs vaso-constricteurs dont l'excitation produit la constriction des vaisseaux et ils sont par conséquent antagonistes des fibres vasculaires de la corde. (Cl. Bernard.)

3° Les filets sensitifs du ganglion sous-maxillaire proviennent du lingual; d'après Bidder, ils seraient de deux ordres: les uns viendraient du bout central du lingual et fourniraient la sensibilité à la glande; les autres viendraient du bout périphérique du lingual (racine périphérique) et n'offrent pas de dégénérescence après la section du lingual; cette racine périphérique servirait, d'après Bidder, à transmettre au ganglion sous-maxillaire les excitations de la muqueuse linguale, et par suite déterminerait la salivation sans l'intermédiaire d'un centre réflexe cérébro-spinal.

La question de savoir si le ganglion sous-maxillaire peut agir comme centre réflexe, indépendamment des centres nerveux cérébro-spinaux, présente une très-grande importance au point de vue de la physiologie normale. L'expérience suivante, due à Cl. Bernard, tendrait à faire admettre cette opinion: on fait la section du lingual au-dessus et au-dessous du ganglion sous-maxillaire (en respectant les branches qui vont du tympanico-lingual au ganglion), et ensuite celle du sympathique; si alors on excite le bout périphérique du tronçon nerveux

(courant d'induction, pincement, sel marin). on voit la salivation se produire, quoique toute connexion soit détruite entre les centres nerveux et le ganglion; le même effet se produit, mais plus difficilement, si on excite la muqueuse linguale (éther, courants d'induction) après avoir coupé le nerf tympanico-lingual au-dessus du ganglion; cette salivation cesse immédiatement quand on coupe le lingual entre la langue et le ganglion; la salivation ne se produit pas par les excitations gustatives; ce centre ganglionnaire serait surtout en rapport d'après Cl. Bernard, avec l'état de sécheresse ou d'humidité de la muqueuse buccale. Schiff, qui a attaqué cette expérience, prétend qu'il y a là une erreur d'observation dont il croit avoir déterminé les conditions anatomiques et physiologiques. (*Leçons sur la digestion*. t. I^{er}. pages 282 et suivantes.)

Bibliographie. — MAGENDIE : *De l'Influence de la 5^e paire sur la nutrition* (Journal de physiologie, 1824.) — G. MEISSNER : *Ueber die nach der Durchschneidung des Trigemini am Auge des Kaninchens eintretende Ernährungsstörung* (Zeitschrift für rationelle Medicin, vol. 29. — J. L. PRÉVOST : *Recherches sur le ganglion sphéno-palatin, et Nouvelles Expériences relatives aux fonctions gustatives du nerf lingual*. (Archives de physiologie, 1868 et 1873.) — F. NAWROTH : *Die Innervation der Parotis*; Stud. des physiol. Instituts zu Breslau, t. IV.

f. — Nerf moteur oculaire externe. (Fig. 235. VI.)

Procédés. — A. *Section intra-crânienne.* — 1^o *Sans ouverture du crâne.* Même procédé que pour la section intra-crânienne du trijumeau qui doit être coupé préalablement; une fois celui-ci coupé, le tranchant de l'instrument est porté en dedans et en bas : ce procédé réussit rarement. — 2^o *Après ouverture du crâne.* Rien de particulier. — B. *Section dans la cavité orbitaire.* Glisser un bistouri le long de la paroi externe de l'orbite.

Le nerf moteur oculaire externe est un nerf essentiellement moteur; il innerve le droit externe. Sa galvanisation dans le crâne produit une déviation de l'œil en dehors. Louget a constaté qu'il était insensible à son origine, et la sensibilité recouvrée admise par Cl. Bernard, n'a pas été vérifiée expérimentalement. Après sa paralysie, l'œil est dans le strabisme divergent; il y a de la diplopie et les images doubles sont homonymes.

g. — Nerf facial. (Fig. 239.)

Procédés. — 1^o *Section intra-crânienne (lapin).* Incision de la peau en arrière de l'oreille externe; on enfonce un neurotome dans la fosse

leane, on traverse le lobe postérieur du cervelet et on dirige
 ment en dedans et en avant vers le conduit auditif interne ;
 blesser le sinus transverse, le cervelet et les parties latérales
 de Varole. — 2^e Section extra-crânienne (*lapin*). L'animal est
 sur le dos, la tête tournée de côté et maintenue solidement ; on
 coupe horizontalement au-dessous du bord inférieur du conduit
 externe osseux qui se sent à travers la peau ; on sectionne la
 peau pour arriver sur le facial, qu'on coupe ou qu'on arrache à
 l'extrémité du trou stylo-mastoidien. Dans l'arrachement (procédé de
 Ward), on peut avoir la conservation du nerf de Wrisberg et du
 ganglion. — 3^e Section dans la caisse (*Cl. Bernard*). On péné-
 tre directement dans la caisse, par sa paroi inférieure, avec un petit
 instrument ; on dirige la pointe de l'instrument en haut et en arrière en la
 marcher transversalement et en appuyant fortement sur l'os, on
 coupe le facial à son troisième coude, quand il s'infléchit en bas vers le
 stylo-mastoidien.

SECTION MOTRICE. — Le facial innerve les muscles suivants :
 les muscles peauciers de la face et du cou, c'est-à-dire les
 muscles épicroâniens (occipito-frontal et auriculaire), ceux de
 l'œil palpébral (orbiculaire et sourcilier), le muscle de
 la lèvre inférieure, les muscles des lèvres (grand et petit zygomatique,
 superficiel et profond, canin, risorius de Santorini,
 carré, houppe du menton, orbiculaire, buccina-
 tes muscles du nez (transverse, myrtiforme et dilatateur de
 la narine), le peaucier du cou. Ch. Bell croyait à tort le buc-
 cinateur innervé par le filet buccal du trijumeau.

Ces fibres motrices le facial commande :

mouvements d'expression de la face, sa physionomie ;
 la paralysie, ces mouvements sont abolis, et la moitié
 paralysée, devenue immobile, suit passivement les mouvements
 de la moitié intacte ; aussi les traits paraissent-ils déviés vers le
 côté sain. La section pratiquée pour la première fois par Ch. Bell
 en 1821, et répétée par Schaw sur le singe, a donné les
 résultats. D'après Cl. Bernard, chez le lapin et le chien,
 les traits paraissent déviés du côté paralysé ;

l'occlusion des paupières et le clignement ; l'œil du côté para-
 lysé, suite de l'action persistante du releveur, est plus ou-
 vert que celui du côté sain, et ne peut se fermer complètement ;
 le clignement étant devenu impossible, les larmes ne sont plus
 évacuées uniformément au-devant de la cornée, ce qui amène
 une réfraction irrégulière des rayons lumineux ; en outre, les

poussières et les corps étrangers restant en contact avec la cornée, celle-ci peut s'enflammer, fait très-rare du reste, les larmes de l'œil faisant glisser le globe oculaire contre la paroi profonde de la paupière supérieure. La paralysie du muscle d'Horner produit le larmoiement, les larmes ne pénétrant pas aussi facilement dans les voies lacrymales.

Les mouvements des lèvres et des joues, aussi la mastication se trouve-t-elle très-gênée après la paralysie du facial les lèvres et les joues ne pouvant plus, comme à l'état normal, ramener le bout de la langue sur les parcelles alimentaires entre les arcades dentaires; l'action de souffler, le jeu des instruments à vent sont empêchés chez l'homme; en outre grâce à la flaccidité de la face le courant d'air peut la soulever à chaque expiration ce qu'on appelle *fumer la pipe*. Chez les animaux, la section produit des résultats identiques et ils ne peuvent plus, comme auparavant, saisir leurs aliments avec les lèvres;

Les mouvements des narines; l'action de flairer devient impossible par la paralysie du dilatateur, et l'olfaction en est complètement affaiblie; la section chez les animaux qui comme le cheval, ne peuvent respirer par la bouche, est suivie de troubles fonctionnels plus graves, la narine étant très-moindre que l'office de soupape, et en s'appliquant sur l'orifice antérieur des fosses nasales, ferme complètement le passage au courant inspiré; aussi les chevaux auxquels on pratique la section des deux nerfs faciaux meurent-ils asphyxiés.

Les mouvements du pavillon de l'oreille.

2° Le ventre postérieur du digastrique et le stylo-glossien. Le facial intervient donc dans l'élevation de l'os hyoïde et la base de la langue;

3° Il fournirait, d'après Sappey et L. Hirschfeld quelques fibres aux muscles de la langue, les *stylo-glosses* et *glosso-staphylin*. La présence de ce fillet explique les cas de déviation de la pointe de la langue dans les paralysies et après la section du facial qui se fait du côté paralysé, et la difficulté qui se présente quelquefois chez le malade d'articuler nettement les gutturales linguales.

4° Il innerve plusieurs muscles du voile du palais spécialement le *péristaphylin interne* et le *palato-staphylin* par les fibres qui partent du coude du facial au niveau du ganglion sous-maxillaire et vont, par le grand nerf pétreux superficiel et le grand

kel, aux nerfs palatins postérieurs (fig. 239, 7). D'après Lon-

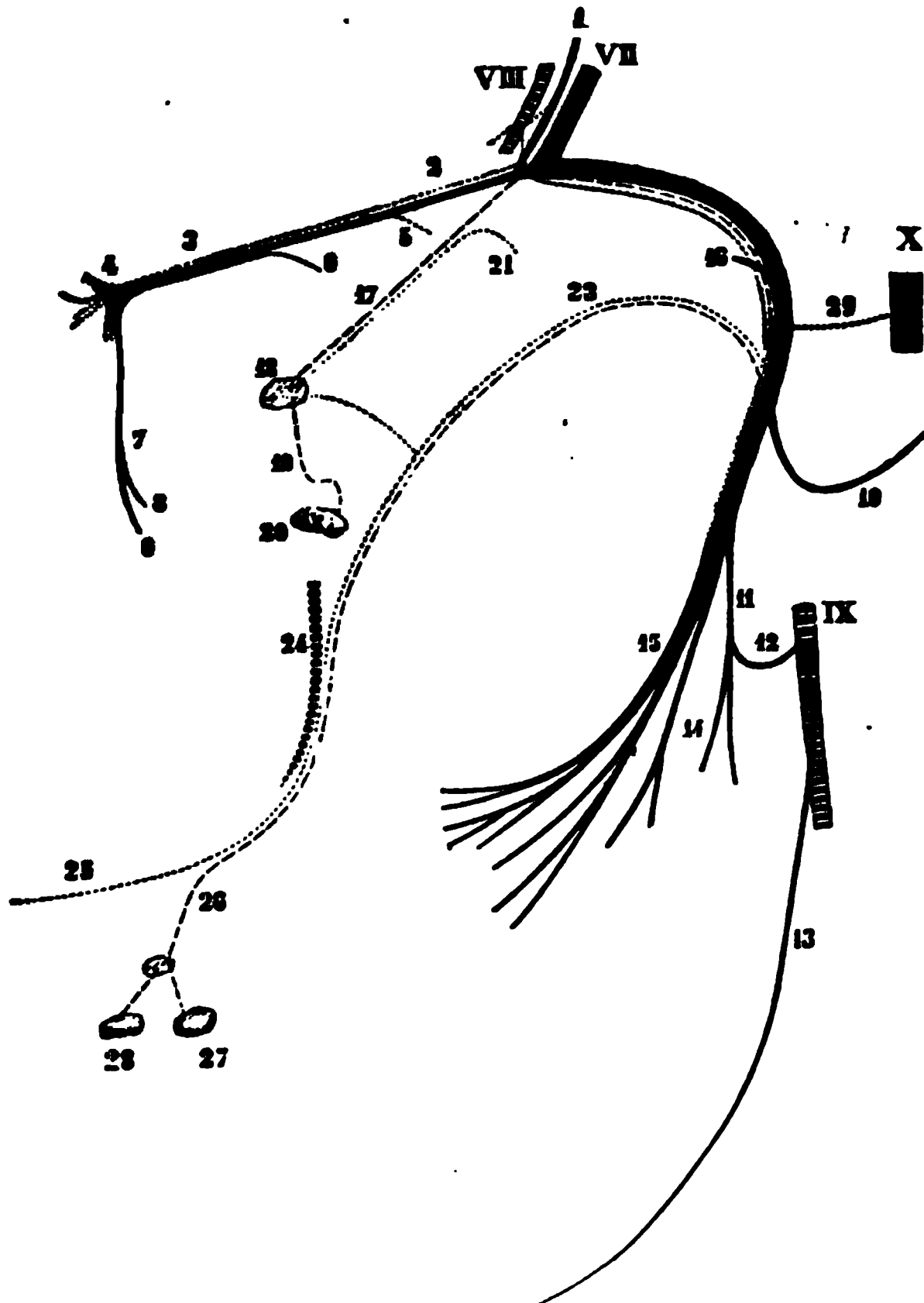


Fig. 239. — Nerf facial. (Figure schématique.)

p. 240. — VII, nerf facial. — VIII, nerf auditif. — IX, nerf glosso-pharyngien. — X, nerf vaguestique. — 1, nerf de Wrisberg. — 2, grand pétéux superficiel. — 3, nerf vidien. — 4, ganglion de Meckel. — 5, anastomose du grand pétéux avec le nerf de Jacobson. — 6, nerf sympathique. — 7, nerf palatin postérieur. — 8, nerf du péristaphylin interne. — 9, nerf du palato-staphylin. — 10, rameau auriculaire. — 11, rameau du stylo-hyoldien digastrique. — 12, anastomose avec le glosso-pharyngien. — 13, rameau du stylo-glossien. — 14, rameau du stylo-glosse et du glosso-staphylin. — 15, branches terminales. — 16, rameau du muscle de l'étrier. — 17, petit pétéux superficiel. — 18, ganglion de Meckel. — 19, anastomose avec l'auriculo-temporal et filets parotidiens. — 20, parotide. — 21, anastomose du nerf de Jacobson avec le petit pétéux. — 22, anastomose du ganglion de Meckel avec la corde du tympan. — 23, corde du tympan. — 24, nerf lingual. — 25, filets de la corde du tympan. — 26, filets glandulaires. — 27, glande sous-maxillaire. — 28, glande sublinguale. — 29, anastomose avec le pneumogastrique.

get, il innerverait aussi les autres muscles du voile du palais, sauf le peristaphylin externe; mais il est douteux qu'il fournisse aux muscles des piliers.

L'action du facial sur le voile du palais a été très-controvertée. L'excitation intra-crânienne n'a donné que des résultats négatifs à Chauveau, Longet, Volkmann et Hein, Debrun n'a obtenu qu'une fois sur cinq des résultats positifs; cependant Nuhn a vu, sur un chien, l'excitation galvanique du tronc du facial amener des mouvements du voile du palais, et Davaine a constaté le même fait chez l'homme. Les paralysies du facial témoignent en faveur de cette opinion. La luette est alors fréquemment déviée du côté non paralysé (Montaut, Diday, Longet, etc.) et conjointement on observe une chute du voile du palais avec courbure de la luette (Romberg), d'où gêne de la déglutition et nasonnement dû à ce que le voile du palais ne ferme plus complètement l'orifice postérieur des fosses nasales. Cette déviation de la luette n'existe pas quand le siège de la paralysie se trouve au-dessous du ganglion géniculé.

5° *Le muscle de l'étrier et les muscles du pavillon.* L'incertitude dans laquelle on est encore sur l'action du muscle de l'étrier ne permet guère d'expliquer les altérations de l'audition observées dans quelques cas de paralysie faciale (sensibilité diminuée de l'ouïe, surdité, etc.).

B. ACTION SENSITIVE. — Le facial est insensible à son origine. Magendie et Cl. Bernard l'ont constaté d'une façon indubitable. Certains auteurs, Wrisberg, Bischoff, etc., se basant sur l'absence du ganglion géniculé, ont considéré le facial comme un nerf mixte dont le nerf de Wrisberg constituerait la racine sensitive; mais, d'une part, Cl. Bernard a constaté l'insensibilité du nerf de Wrisberg, et dans les paralysies centrales du facial il n'y a aucune perte de sensibilité dans les régions innervées par le facial.

Le facial est cependant sensible après sa sortie du trou stylo-mastoidien; mais cette sensibilité est une sensibilité acquise dans son trajet à travers le canal de Fallope. Elle lui vient probablement de deux sources : 1° du tronc du facial par le grand nerf superficiel, Longet a constaté l'insensibilité du facial au-dessous du trou stylo-mastoidien après la section intra-cranienne du tronc du facial; 2° du pneumo-gastrique par le rameau auriculaire, comme l'indique une remarquable expérience de Cl. Bernard; il sectionne le facial au-dessous de son anastomose avec

pneumogastrique et constate la sensibilité des deux bouts du nerf; il coupe alors le rameau auriculaire et voit que la sensibilité a disparu dans le bout central; il est difficile cependant de faire concorder ce fait avec l'expérience de Longet, car le bout central devrait avoir encore un reste de sensibilité dû au trijumeau.

Après sa sortie du trou stylo-mastoidien, le facial contracte des anastomoses avec l'auriculo-temporal, et, par ses branches rhinales, avec les branches périphériques du trijumeau. C'est à ces anastomoses avec le trijumeau que serait due la sensibilité currently constatée par Cl. Bernard sur les rameaux du facial; on coupe un de ces rameaux, le bout périphérique est sensible; cette sensibilité disparaît quand on coupe le trijumeau; elle est difficile à constater chez le chien, obscure chez le cheval et le lapin.

G. ACTION GUSTATIVE. — On a vu, à propos du maxillaire inférieur, que la corde du tympan fournit des fibres gustatives au lingual (page 916). L'origine réelle de ces fibres est encore douteuse. D'après Lussana, elles viendraient du facial par le ganglion géniculé et le nerf de Wrisberg, et il cite à l'appui plusieurs cas de paralysie faciale avec abolition du goût dans le territoire correspondant de la pointe de la langue; mais le siège de la lésion était dans l'aqueduc de Fallope, et il n'y a pas, sauf peut-être un cas de Steiner, de cas bien constaté de paralysie centrale du facial avec abolition du goût. D'autre part, la section du facial dans le crâne n'a donné que des résultats douteux à Cl. Bernard et à d'autres expérimentateurs. D'après Cl. Bernard, l'action gustative de la corde serait en réalité une action motrice; elle agirait immédiatement sur le goût en amenant une sorte d'érection des papilles linguales qui favoriserait leur fonctionnement.

H. ACTION SECRÉTOIRE. — Le nerf facial tient sous sa dépendance la sécrétion des trois glandes salivaires, parotide, sous-maxillaire et sublinguale (voir : *Trijumeau*). Les fibres parotidiques (fig. 239, 17) se détachent du facial au niveau du ganglion géniculé, passent par le petit pétreux superficiel, traversent le ganglion otique, se jettent dans l'anastomose du ganglion otique avec l'auriculo-temporal, et arrivent à la parotide avec les filets de ce dernier nerf. Les fibres sous-maxillaires et linguales (26) passent dans la corde du tympan et arrivent au nerf lingual et au ganglion sous-maxillaire.

E. ACTION VASO-MOTRICE. — Cl. Bernard a vu la section crânienne du facial être suivie d'un abaissement de la température; cet abaissement dû peut-être aux désordres mêmes de l'opercule, sa section dans le canal de Fallope étant au contraire suivie d'une élévation de température (Voir : *Corde du tympan*).

F. GANGLION GENICULE ET NERF DE WRISBERG. — Les fonctions du nerf de Wrisberg sont encore peu connues. Wrisberg, Bischoff, Cusco, le considéraient comme le ganglion sensible du nerf facial dont le ganglion genicule constitue le ganglion. On a vu plus haut les raisons qui s'opposent à cette opinion. Louget, qui l'appelle *nerf moteur tympanique*, destine à fournir le nerf du muscle de l'étrier et le nerf interne du marteau (par le petit nerf petreux superficiel); le dernier nerf est fourni par le tronc du nerf. Cl. Bernard le considère comme une racine d'origine du grand sympathique qui se joint aux nerfs petreux et à la corde du tympan; il agirait sur les muqueuses et les glandes; il serait le nerf des mouvements organiques, le facial étant le nerf des mouvements de réflexion. Il est probable, en effet, que ce nerf fournit les filets glandulaires du petit petreux superficiel et de la corde et peut-être, comme le croit Lussana, les filets gustatifs du lingual.

G. ANASTOMOSES. — 1° *A. du facial et de l'acoustique*. — L'anastomose a lieu principalement par le nerf de Wrisberg dont l'usage est inconnu.

2° *Grand petreux superficiel*. Il fournit au ganglion des filets moteurs qui, après avoir traversé ce ganglion, vont innervier les muscles palato-staphylin et peristaphylin interne. Il fournit probablement aussi par cette voie qu'arrive au facial une partie des filets venant du tronc du nerf qui donnent au facial sa sensibilité acquise.

3° *Petit petreux superficiel*. Il porte au ganglion des filets glandulaires qui vont de ce ganglion à l'auricule et de là à la parotide.

4° *Corde du tympan*. La corde serait sensible d'après quelques auteurs (Bonnafont, Duchenne), très-peu sensible au contraire d'après Vulpian. Ce nerf, très-complexe et très-curieux, contient plusieurs espèces de fibres : 1° des fibres glandulaires qui vont aux glandes sous-maxillaires et sublinguales; 2° des fibres gustatives qui vont avec le lingual à la pointe de la langue; 3° des fibres motrices qui accompagnent le lingual.

recherches de Vulpian, n'entreraient en action qu'après de l'hypoglosse ; 4° des fibres vaso-dilatatrices dont amène la dilatation des vaisseaux de la glande sous-linguale (Cl. Bernard) et des vaisseaux de la moitié correspondante de la langue (Vulpian) ; 5° des fibres centripètes dont l'excitation, par action réflexe, un écoulement de salive (Vulpian).

au auriculaire du pneumogastrique. Il amène probablement une diminution de la sensibilité acquise.

avec le glosso-pharyngien (voir : *Glosso-pharyngien*).

Bibl. — B. GADECHENS : *Nervi facialis physiologia et pathologia*, 1832.
 D : *Sur les Fonctions du nerf facial*. (Journal des Conn. médicales, 1834-1835.)
 VULPIAN : *Recherches sur la corde du tympan*. (Archives de physiologie médicale de Paris, 1873.)

h. — Nerf auditif.

Les filets du nerf auditif autres que les filets purement sensoriels sont encore très-obscur.

Flourens observa le premier sur les pigeons des phénomènes très-intéressants après la lésion des canaux demi-circulaires. La section du canal horizontal déterminait chez l'animal un mouvement de la tête de droite à gauche et de gauche à droite ; celle du canal vertical un mouvement de la tête en bas et de bas en haut ; la destruction de ces canaux produisait le vertige (mouvements de manège, etc.), et l'animal ne pouvait plus tenir son équilibre ; pour produire ces résultats, les lésions portées sur les parties membraneuses des conduits demi-circulaires. Les expériences de Flourens ont été confirmées par Brown-Sequard, Harless, Czermack, etc., et d'après Brown-Sequard la lésion du nerf auditif serait suivie des mêmes résultats.

L'explication de ces phénomènes est très-difficile. Pour Brown-Sequard, les phénomènes observés sont des phénomènes réflexes dus à l'excitation de fibres sensibles contenues dans l'acoustique. Lowenbach attribue aussi à une action réflexe. Goltz suppose que les canaux demi-circulaires sont des organes sensitifs qui donnent à l'animal la connaissance de la position de la tête et de son équilibre. Chaque conduit a une direction correspondante à une des dimensions de l'espace, et la destruction de ces conduits ne permettant plus à l'animal de juger de la position normale de sa tête et, par suite, de celle de son corps, déterminent le vertige. Des phénomènes analogues se produisent chez les poissons.

produisent quand, sans léser ces conduits, on fixe la tête par suture, soit par un bandage dans une position anormale. Cyon avait déjà, du reste observé des troubles de l'équilibre après lésion des muscles de la nuque, troubles qui avaient été attribués par quelques auteurs, et Magendie en particulier à l'écoulement du céphalo-rachidien. La destruction pathologique des canaux émissaires chez l'homme s'accompagne aussi de vertige et de troubles de l'équilibre (maladie de Ménière). A. Böttcher a cherché à préciser comment que les phénomènes observés étaient dus uniquement à la lésion des parties voisines des centres nerveux.

Bibliographie. — FLOURESS : *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux* Paris, 1842. — VU GOLTZ : *Ueber die Bedeutung der Bogengänge* (Archives de Pflüger, cinquième année.)

i. — Glosso-pharyngien. (Figure 240.)

Procédés. — *Section des glosso-pharyngiens* Prévost. — Faire une incision de la région hyoïdienne sur la ligne médiane, récliner en dedans la langue, le nerf grand hypoglosse sur lequel on arrive après une courte dissection, on sent alors l'apophyse mastoïde qui se trouve au fond d'une poche triangulaire limitée en dehors par l'hypoglosse, en dedans par le cartilage thyroïde, en haut par la corne de l'os hyoïde, le nerf glosso-pharyngien l'apophyse jusqu'à laquelle on doit le suivre. Le procédé est le même chez le chien, le chat, le lapin, le rat.

A. ACTION SENSITIVE. — Le nerf glosso-pharyngien est sensible dès son origine, malgré les affirmations contraires de Rizzini. Il fournit la sensibilité : 1° à la muqueuse de la cavité postérieure de la langue, du V lingual et des piliers; 2° probablement les filets sensitifs du plexus pharyngien; 3° la muqueuse de la caisse du tympan, des fenêtres rondes et ovales des cellules mastoïdiennes et de la trompe jusqu'à son orifice pharyngien (conjointement avec le trijumeau).

B. ACTION EXCITO-RÉFLEXE. — Il est en outre, par ses fibres centripètes (identiques ou non avec ses fibres sensitives), le point de départ de réflexes et spécialement de ceux du déglutition et du vomissement. Volkmann a constaté que, après la section de la partie postérieure de la langue, les piliers et le pharynx perdent la propriété de déterminer ces réflexes, propriété qui n'est pas abolie par la section du trijumeau. Il a aussi sur les mouvements de déglutition une influence, moins marquée que

celle du trijumeau et du pneumogastrique; Waller et Pré-
ont vu ces mouvements se produire par l'excitation de son

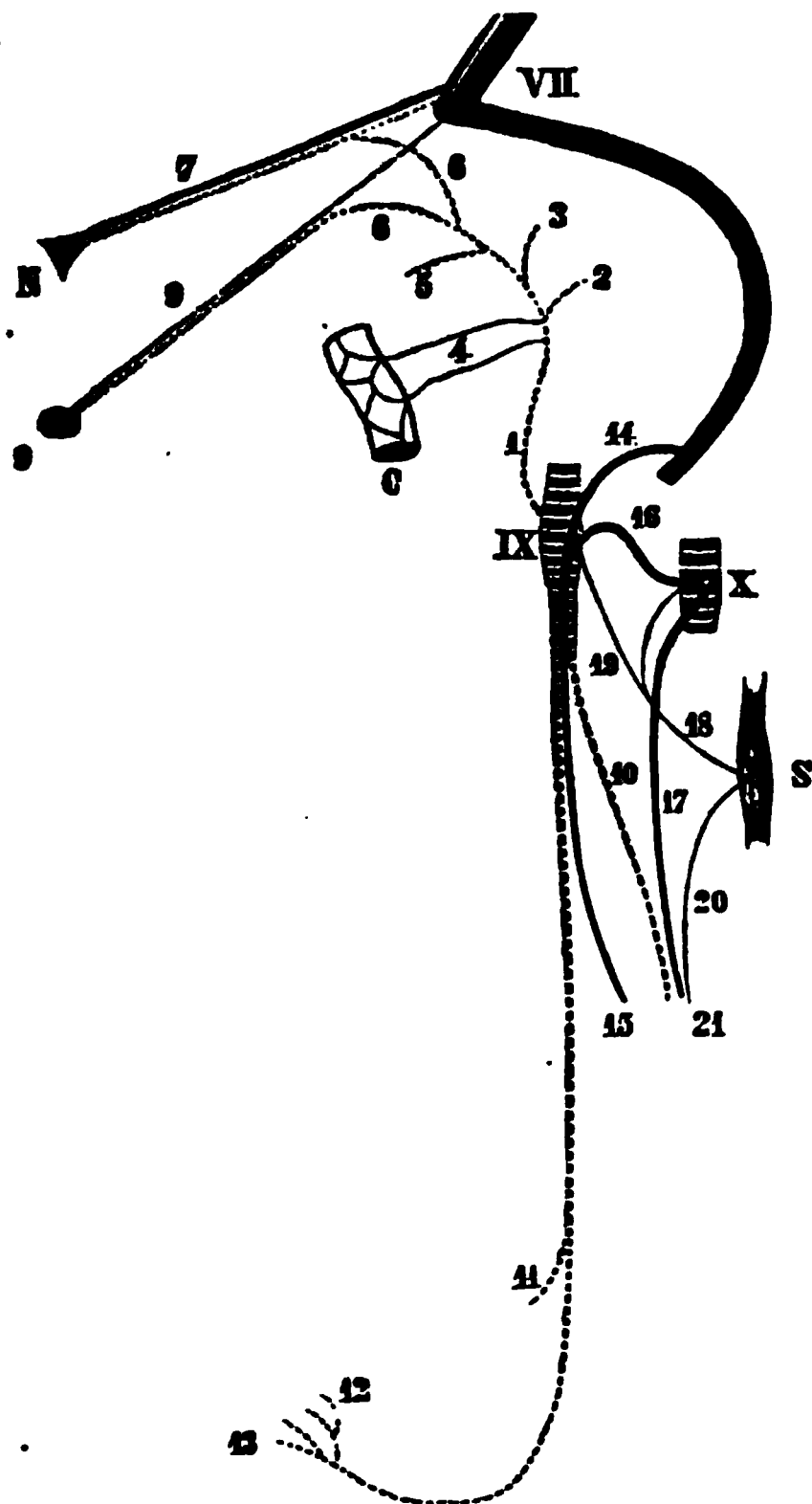


Fig. 240. — Nerf glosso-pharyngien. (Figure schématique.)

p. 240. — VII, facial. — IX, glosso-pharyngien et ganglion d'Andersb. — X, pneumo-
lique. — 8, ganglion cervical supérieur. — C, carotide et plexus carotidien. — N, gan-
glion de Meckel. — O, ganglion otique. — 1, nerf de Jacobson. — 2, rameau de la fenêtre
r. — 3, rameau de la fenêtre ovale. — 4, rameaux carotidiens. — 5, rameau de la trompe
Eustachienne. — 6, anastomose avec le grand pétéreux superficiel. — 7, grand pétéreux superficiel.
8, anastomose du nerf de Jacobson avec le petit pétéreux superficiel, 9. — 10, rameau
jugulaire. — 11, rameau lingual. — 12, rameaux tonsillaires. — 13, rameaux terminaux.
14, anastomose du facial avec le ganglion d'Andersb. — 15, rameau du stylopharyngien. —
16, anastomose avec le pneumogastrique. — 17, rameau pharyngien du pneumogastrique. —
18, rameau jugulaire du ganglion cervical supérieur. — 19, rameau fourni au ganglion d'Andersb.
et au ganglion cervical supérieur. — 20, rameau pharyngien du ganglion cervical supérieur.

gust. et action motrice du nerf glosso-pharyngien, base de la langue (Longel), surtout pour les (éoloquinte). Mais il n'est pas le nerf exclus le croyait Panizza, et on a vu plus haut que le du tympan contiennent aussi des fibres gustati

D. ACTION MOTRICE — Il y a beaucoup d tion motrice du glosso-pharyngien

Müller et quelques autres physiologistes consid ryngien comme un nerf mixte; une partie du nerf du ganglion d'Andersoli et jouerait le rôle de rac ganglionnaire faisant fonction de racine sensitive, est moteur dès son origine; par l'excitation de ses contractions dans les muscles du pharynx (parité tricteur supérieur, et probablement aussi dans du voile du palais; Volkmann et Klein en ont vu gien, Volkmann dans le constricteur supérieur. n'ont pu être obtenues par la plupart des expéri Longel et la plupart des physiologistes, le nerf e gine et n'acquiert ses propriétés motrices que avec le facial et peut-être avec le pneumogastri ce cas, les illets qu'il donne au stylo-hyoïdien, v digastrique, stylo-glosse et glosso staphylin, prov du facial et des illets des constricteurs du pne coupe le nerf à sa sortie du trou déchiré postérie du bout périphérique ne produit pas de contracti palais, celle du bout central, au contraire, produ réflexes. Si on coupe le tronc du facial avant son duit auditif interne et qu'on excite le glosso-ph côté, on n'a plus de contractions dans le

le par l'excitation du pneumogastrique, il faudrait peut-être en conclure que si le glosso-pharyngien fournit des filets moteurs, ce ne peut-être que ceux des piliers du voile et peut-être du constricteur supérieur.

Magendie avait cru constater une gêne de la déglutition après la section des glosso-pharyngiens, mais, d'après Longet, il aurait coupé le 9^e pharyngien du spinal au lieu du glosso-pharyngien ; en effet, cette gêne ne se montre pas habituellement après la section du nerf. (Parsa, Beld.)

G. ACTION VASO-DILATATRICE. — Vulpian a constaté récemment, par l'excitation du bout périphérique du glosso-pharyngien, une dilatation des vaisseaux de la base de la langue du côté correspondant.

F. ANASTOMOSES. — 1° *Nerf de Jacobson.* — Ce nerf représente avec ses branches une sorte de plexus, plexus tympanique, dans lequel existent des fibres provenant du ganglion d'Andersh, du spinal, du trijumeau et du plexus carotidien, et on peut considérer comme certain, même anatomiquement, eu égard au volume des fibres qui le composent, qu'une partie seulement de ses filets nerveux fournit à la caisse et aux organes ambiants, et que la plus grande partie peut-être ne fait que traverser la caisse sans s'épuiser en passant d'un tronc nerveux dans l'autre. Le nerf Jacobson contient aussi des cellules ganglionnaires.

2° *An. avec le rameau stylo-hyoidien du facial.* — Cette anastomose paraît fournir la plupart des fibres motrices du glosso-pharyngien, et en particulier, d'après Longet et Rudinger, celles qui vont au muscle stylo-pharyngien.

3° *An. avec le pneumogastrique.* — Elle se fait par une anastomose directe entre le tronc du pneumogastrique et le ganglion Andersh, et par le rameau auriculaire du pneumogastrique, et contient probablement des filets moteurs venant du pneumogastrique et allant au voile du palais et au pharynx, et peut-être aussi des filets sensitifs.

4° *An. du ganglion d'Andersh avec le ganglion cervical supérieur.* — Rôle inconnu.

j. — Nerf pneumogastrique. (Figure 241.)

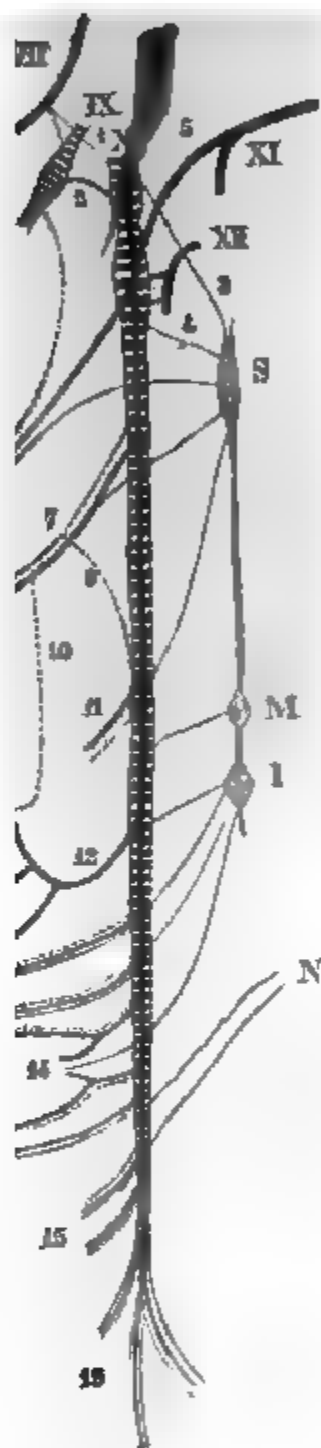
Procédés. — A. EXCITATION. 1° *E. intra-crânienne.* — 2° *E. extra-crânienne.* Mise à nu du nerf dans les diverses parties de son trajet. —

3° *E. simultanée des deux pneumogastriques* et chacune de ses bifurques, de sorte qu'à chaque excitation couru par un courant d'égale du *Nervensystem*, p. 194.)

B. SECTION DU PNEUMOGASTRIQUE. — aussi pour la section du sympathique pneumogastrique, de l'anse descende de la carotide primitive et de la trachée, on fait une incision sur la veine mastoïdienne recouvert par la veine des deux organes en dehors, et on recouvre par le fascia qu'on incise en dehors, le nerf entre les deux. On coupe le sympathique et le rameau cardiaque du pneumogastrique se trouve en avant. Chacun est accolé au grand sympathique et se trouve au *nerf laryngé supérieur*. La section se fait un peu plus haut. — 3° *S. du nerf pneumogastrique* externe de la trachée, où il est fixé à l'œsophage. Il accompagne ordinairement le pneumogastrique au niveau de la trachée abdominale; on va ensuite à la section de l'œsophage.

A. ACTION SENSITIVE DU PNEUMOGASTRIQUE. — dans l'intérieur du crâne a été démontré qu'il a fourni le larynge supérieur. La sensibilité devient très-obtuse et qu'il est le nerf récurrent est à peu près le même. Il fournit la sensibilité :

1° *A toute la muqueuse des voies respiratoires* et les replis ary-épiglottiques et bronchiques. La sensibilité de l'arbre aérien, ni comme quantité, ni comme qualité, est exquise, mais d'un caractère de contact avec cette muqueuse, les corps volatils, déterminent une pénible et des efforts de toux et de vomir, la sensibilité est très-ob-



— Nerf pneumogastrique.
(figure schématique.)

la trachée et les bronches, on peut piquer, pincer, brûler la muqueuse sur l'animal vivant sans déterminer de manifestation de douleur.

2° *Au cœur* : si on touche avec un acide le sinus veineux de la grenouille, il se produit des convulsions réflexes de tout le corps; le phénomène n'a plus lieu après la section des pneumogastriques (Goltz). K. Gurboki a observé les mêmes faits chez le lapin.

3° *A une partie du tube digestif*, base de la langue, voile du palais, pharynx, œsophage, estomac et peut-être duodénum et intestin grêle.

4° *Aux muscles* auxquels il se distribue.

5° *A la muqueuse des voies biliaires*.

6° On lui attribue enfin un rôle dans plusieurs sensations internes, ainsi la faim, la soif, le besoin de respirer. Mais les expériences de Sédillot, Cl. Bernard, Longet et d'autres physiologistes ont prouvé qu'aucun de ces besoins n'est aboli après la section des pneumogastriques.

B. ACTION MOTRICE. — La question de savoir si le pneumogastrique est aussi moteur à son origine a été très-discutée. Longet le regarde comme exclusivement sensitif et

— VII, nerf facial. — IX, glosso-pharyngien. — X, pneumogastrique. — XI, spinal. — S, ganglion cervical supérieur. — M, ganglion cervical moyen. — N, nerfs splanchniques. — 1, anastomose avec le facial. — 2, anastomose avec le glosso-pharyngien. — 3, anastomose avec le ganglion cervical supérieur. — 4, anastomose avec le ganglion plexiforme. — 5, branche interne du spinal. — 6, plexus œsophagien. — 7, nerf laryngé supérieur. — 8, nerf laryngé externe. — 9, nerf dépresser. — 10, nerf de Galien. — 11, nerf cardiaque. — 12, nerf récurrent. — 13, filets mésentériques. — 14, plexus pulmonaires. — 15, plexus stomacal. — 16, rameaux terminaux.

croit que tous ses filets moteurs lui viennent des anastomoses qu'il contracte avec d'autres nerfs et en particulier avec le spinal. Cependant il est difficile d'admettre cette opinion en présence des résultats positifs obtenus par Chauveau, Cl. Bernard, Eckhard et d'autres physiologistes. L'excitation *mécanique* de ses racines amène des contractions dans les muscles constricteurs du pharynx, l'œsophage et quelques muscles du voile du palais.

Les filets moteurs du pneumogastrique innervent

1° Les parties suivantes du tube digestif : quelques muscles du voile du palais, azygos, peristaphylin interne et pharyngostaphylin; les muscles constricteurs supérieur, moyen et inférieur du pharynx (Volkmann et van Kempen, et, d'après Chauveau, tous les muscles du pharynx; l'œsophage (Chauveau; l'estomac (Chauveau, Stilling, Bischoff, A. Mosson, suivant Longuet, cette action motrice ne se produirait que quand l'estomac est plein d'aliments, V. Braam-Houckgeest a constaté des contractions de l'estomac par l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique; d'après Waller ces contractions ne se produisent plus après l'arrachement du spinal. Pour Chauveau, l'action motrice du pneumogastrique s'arrête au pylon. Cependant, V. Braam-Houckgeest a obtenu aussi des contractions de l'intestin grêle.

2° Les muscles du larynx, le pneumogastrique innerve

1° par le laryngé externe, le muscle crico-thyroïdien la section de ce filet nerveux est suivie d'une raucité de la voix due à la laxité des cordes vocales; en effet, si, avec une pince, on rapproche le cartilage cricoïde du thyroïde, la raucité disparaît (Longel), ce filet viendrait du pneumogastrique. L'excitation intra-crânienne de ce nerf produit des contractions dans le muscle (Chauveau). 2° par le nerf récurrent, qui vient du spinal et innerve tous les autres muscles du larynx (voir Symp.). Après section, il y a aphonie complète (Sedillot, Magendie). L'aphonie qui s'explique par la paralysie des constricteurs et des tenseurs de la glotte; quelquefois, au contraire, les animaux peuvent encore pousser des cris aigus (Sedillot), d'après Longel la persistance des cris ne se montre que chez les jeunes animaux. On tient à ce que les crico-thyroïdiens dont l'action est insuffisante suffisent pour tendre les cordes vocales, et que grâce à la conformation particulière de la glotte presque exclusivement membraneuse, le rapprochement des cordes vocales peut encore

est assez bien pour que le son se produise (voir aussi : *Action pneumogastrique sur la respiration*). Les fibres musculaires récurrent paraissent provenir en totalité du spinal; cependant M. Beauvais a vu, dans quelques cas, l'excitation intra-crânienne pneumogastrique amener aussi des contractions dans le crico-aryténoïdien postérieur, et Volkmann en a constaté dans les crico-aryténoïdiens postérieur et latéral; ce dernier auteur a vu les mouvements respiratoires du larynx continuer après la section du spinal des deux côtés (voir *Spinal*).

• *Les muscles lisses des bronches*; la contractilité pulmonaire a été mise hors de doute par les expériences de Williams et Bert (p. 565).

M. Oehl a constaté sur des chats, des chiens et des lapins, des contractions des cloisons musculaires de la rate dont la surface devenait caractérisée par l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique; M. Lafontaine n'a vu, au contraire, de contractions que par l'excitation du bout central. Les contractions de l'utérus admises par Kilian sous la même influence sont très-douteuses et n'ont pu être constatées par M. Engelberg. Stilling croit avoir vu des contractions de la vessie par l'excitation des racines du pneumogastrique; M. Oehl les admet aussi chez les chiens.

ACTION DU PNEUMOGASTRIQUE SUR LE CŒUR (fig. 247). — L'excitation du tronc du pneumogastrique au cou produit, si l'excitation est faible, une diminution du nombre des battements du cœur; si elle est forte, un arrêt du cœur en diastole avec réplétion des cavités du cœur et surtout des oreillettes. La section des nerfs, au contraire, amène une accélération du pouls. Cette action capitale est due à E. Weber (1845). Le ralentissement du cœur ont lieu non-seulement par l'excitation galvanique mais par les excitants chimiques (sel marin) et mécaniques (anémomoteur). Ce ralentissement se montre chez tous les animaux chez lesquels il a été recherché, tant à sang froid qu'à sang chaud, mais l'arrêt complet n'a pu être obtenu sur les animaux avec la galvanisation, par Cl. Bernard. Einbrodt l'a obtenu sur des oies et des poulets, mais par les excitations chimiques. Chez l'homme, la compression de la carotide antérieure du sterno-mastoïdien est suivie d'un ralentissement du cœur que Czermack attribue à une compression du nerf trique; Henle l'a constaté directement sur un décapité.

La compression des deux p
peut être suivie d'accidents très-

L'arrêt du cœur produit par la dure 15 à 30 secondes environ (ch même si on continue la galvanisai très-vite pour cet appareil d'arrêt d vite par le repos; si on excite lo jusqu'à ce que les battements d qu'on excite l'autre pneumogastriq plus; mais si on attend une à deu pareil modérateur, l'arrêt se produ dant toute la durée de l'arrêt, le c oar, si on l'excite directement, il se ment plus. D'après Legros et Onin l'excitation du pneumogastrique es courants interrompus, que le nor est plus grand. Il faut 15 à 20 inte le cœur d'un chien, 2 à 3 seuleme durée de l'excitation latente (inter et l'arrêt du cœur) est de $1/5^{\circ}$ de constants; Legros et Onimus l'on pour les animaux à sang froid a 2 secondes chez les animaux à sa fois chez les animaux à sang froid

Cet arrêt du cœur ne peut être c'est une action directe; en effet, gastrique au cou, on excite le bou résultat, plus prononcé même que

Moleschott et Schiff ont prétend cœur ne se montraient que pour ployant des excitations très-faibles mum, on avait au contraire une ac Ces faits, confirmés par quelques pier, ont été niés par la plupart de Pfüger, Brown-Sequard, etc., et pneumogastrique comme un nerf soudre la question, a cherché à fai que le cœur était en repos; il arré et dit avoir vu dans ce cas des pul quefois un caractère tétanique (une seule fois, en répétant l'exp du cœur.

L'accélération des battements di

est surtout facile à constater chez les animaux à pouls auxquels on peut voir les battements doubler de fréquence. n'est pas, du reste, aussi constante que celle qui suit l'excitation des nerfs ; aussi elle ne se produit pas chez les animaux à sang froid (Budge, A. Moreau), tortue, reptiles (Fasce et Abbate). Le pneumogastrique droit sur le cœur paraît souvent plus actif que celui du gauche (Masoin, Arloing et Tripier), fait qui s'explique facilement, les rameaux cardiaques étant ordinairement plus nombreux à droite qu'à gauche.

Le pneumogastrique n'agit pas seulement sur la fréquence des battements du cœur, il agit encore sur la grandeur des pulsations ; ces dernières deviennent plus amples, de façon que, pour un temps donné, le cœur resterait le même ; cependant, d'après Coats, elles deviennent même temps plus faibles, de façon que le travail du cœur est diminué ; Nuel a constaté, chez la grenouille, en même temps que l'excitation du pneumogastrique, un affaiblissement des contractions portant seulement sur la systole. L'influence sur la pression sanguine sera vue plus loin. L'excitation de la moelle et des deux sympathiques au cou (accélérateurs) augmente l'excitabilité du pneumogastrique, et, dans une excitation même très-faible produit l'arrêt du cœur. Il en est de même de tout ce qui empêche l'échange des gaz dans le sang (asphyxie). L'atropine paralyse l'action cardiaque du pneumogastrique, tandis que tous les nerfs moteurs sont encore intacts ; la strychnine produit le même effet, mais après une période d'excitation passagère ; le muscarine, au contraire, excite le pneumogastrique et arrête le cœur en diastole.

Il est probable que les fibres cardiaques du pneumogastrique aboutissent aux ganglions du cœur et non directement aux fibres musculaires du cœur. Après la section des deux pneumogastriques chez la grenouille, on a vu que toutes les fibres à double contour étaient dégénérées, tandis que les globules nerveux des ganglions et les fibres simples, beaucoup plus nombreuses, qui en proviennent étaient saines. Viennent-elles ces fibres cardiaques du pneumogastrique ? Waller a dit, en premier lieu, que si on arrache le spinal et qu'on attende quelque temps, pour laisser aux fibres qui viennent du spinal le temps de se régénérer, l'excitation du pneumogastrique n'a plus d'action sur le cœur ; mais que cette action se produit du côté où le spinal a été arraché, et Burckhardt a trouvé, après l'arrachement du spinal, toutes les fibres cardiaques du pneumogastrique dégénérées. Cependant l'arrachement des deux spinaux qui devrait, dans ce cas, produire une accélération du cœur, comme la section même du pneumogastrique, n'a pas produit des résultats contradictoires ; Heidenhain admet cette accélération, mais elle n'a pu être constatée par Schiff et Eckhard. Peut-être que seule l'excitation de ces fibres a-t-elle son origine dans le spinal.

. **ACTION VASO-MOTRICE DIRECTE.** — Cette action est encore -obscure.

Le pneumogastrique paraît fournir, conjointement avec les nerfs techniques, une petite partie des vaso-moteurs de l'intestin; après la section au cou, les vaisseaux de l'intestin sont plus remplis et la température de l'abdomen augmente temporairement, tandis que l'excitation du bout périphérique du nerf rétrécit le calibre des artères (1). L'excitation du bout périphérique fait baisser la pression artérielle et diminue la vitesse du courant sanguin (R. Heidenhain); la section des pneumogastriques fait hausser cette pression (V. Bezold); cette action est niée par Moleschott.

. **ACTION EXCITO-RÉFLEXE DU PNEUMOGASTRIQUE.** — Le pneumogastrique agit par action réflexe sur les mouvements des organes digestifs, sur la respiration, sur les sécrétions et sur la circulation.

Action réflexe sur les mouvements des organes digestifs.
Action sur la déglutition. — D'après Longet, les filets linguaux du pneumogastrique serviraient à transmettre aux centres cérébraux l'impression qui provoque le réflexe de la déglutition; mais cette action réflexe ne se produirait pas pour tous les excitateurs; si on déposait, en passant par la trachée, des morceaux de viande ou de pain, insalivés ou non, dans l'intervalle des replis pharyngéo-épiglottiques, il se produisait un mouvement de déglutition; si on touchait ces parties avec une pince, il ne s'en produisait pas, mais il y avait des nausées et des efforts de vomissement; il y aurait donc une différence de réflexes suivant la nature de l'excitation. Bidder, puis Prévost et Waller, ont provoqué des mouvements de déglutition par l'excitation électrique du larynx supérieur (bout central) et quelquefois par celle du nerf trachéal. Faut-il ranger dans ces actions réflexes les mouvements de l'estomac quand les aliments arrivent en contact avec la muqueuse?

Action réflexe du pneumogastrique sur la respiration — Il est difficile de préciser le rôle du pneumogastrique dans la respiration; il est nécessaire de présenter d'abord les résultats de la section et de l'excitation du nerf.

Action des pneumogastriques. — Après la section des deux pneumogastriques, on observe un ralentissement des mouvements respira-

toires; leur nombre peut diminuer de moitié et tomber même au quart du chiffre normal; les inspirations sont plus profondes, les tracheales, et l'intervalle entre deux mouvements respiratoires expiratoires s'allonge notablement voir fig. 242. La rareté des respirations serait compensée par leur amplitude, de sorte que dans le même temps il entrerait autant d'air dans les poumons qu'avant la section (Rosenthal), ce n'est qu'au bout d'un certain temps que l'affaiblissement des échanges gazeux, une diminution dans l'élimination d'acide carbonique et dans l'absorption d'oxygène. La dyspnée et la suite de l'opération se révèle par la coloration plus foncée du sang, l'abaissement de température. D'après A. Moreau, ce ralentissement respiratoire ne se remarquerait pas chez les animaux à sang froid comme la grenouille.

Les trois figures suivantes représentent la marche de la respiration telle qu'elle m'a paru se présenter chez le lapin après la section des pneumogastriques, quand l'expérience se fait dans de bonnes conditions. Ces phénomènes ne me semblent pas avoir autre justification des physiologistes immédiatement après la section, la respiration s'arrête en expiration (fig. 242), puis, au bout de

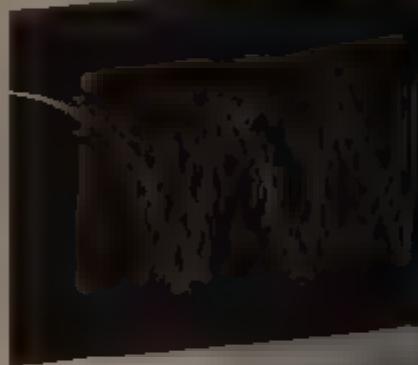


Fig. 242. — Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques.

seconde, une inspiration se fait et les respirations répétées ces respirations présentent soit de suite, soit au bout de quelques temps, un caractère particulier (fig. 243, p. 943), elles sont fréquentes, puis, peu après, la pause expiratoire s'allonge jusqu'à ce qu'il revienne un arrêt en expiration et ainsi de suite jusqu'à ce qu'enfin, au bout d'un temps variable, il s'établisse une respiration régulière (fig. 244, p. 944) analogue à celle observée par la plupart des physiologistes. Il ne peut entrer dans le cadre de ce livre de chercher à donner une interprétation de ces faits.

Fig. 243. — Le graphique ainsi que les animaux ont été pris par le tube (Tube dans la trachée). Le graphique se lit de droite à gauche. La ligne ascendante à l'expiration, la ligne descendante à l'inspiration, la ligne ascendante à l'expiration, la ligne descendante à l'inspiration.

Après la section des deux pneumogastriques, les animaux ne tardent pas à mourir; les jeunes (lapins et chiens), au bout d'un jour ou deux, les vieux, au bout de deux à six jours, cependant quelquefois, comme l'ont vu Sedillot, Cl. Bernard, et comme j'en ai observé un cas, la survie peut être plus longue; d'autres fois, au contraire, la mort est presque immédiate. A l'autopsie, on trouve des altérations pulmonaires sur lesquelles les auteurs sont loin d'être d'accord, les poumons sont congestionnés, emphysémateux et offrent des noyaux d'hémorrhagie et d'hépatisation; les vaisseaux pulmonaires sont souvent remplis de caillots qui, s'ils sont formés dans la vie, comme le croit Mayer, pourraient produire un arrêt de la circulation pulmonaire. D'après Traube, ces altérations sont dues à la pénétration de matières alimentaires, de salives, de mucosités pharyngiennes dans les bronches; il est vrai qu'on en rencontre habituellement, mais il n'y a là qu'une condition accidentelle, car si on adapte un tube à la trachée pour empêcher cette pénétration, les altérations ne s'en produisent

Fig. 241. — Lésions que l'expérimentation a constatées à la section des pneumogastriques. (D'après Traube.)

pas moins (Cl. Bernard, Schiff) admet une inflammation névro-paralytique par section des vaso-moteurs contenus dans le tronc des pneumogastriques.

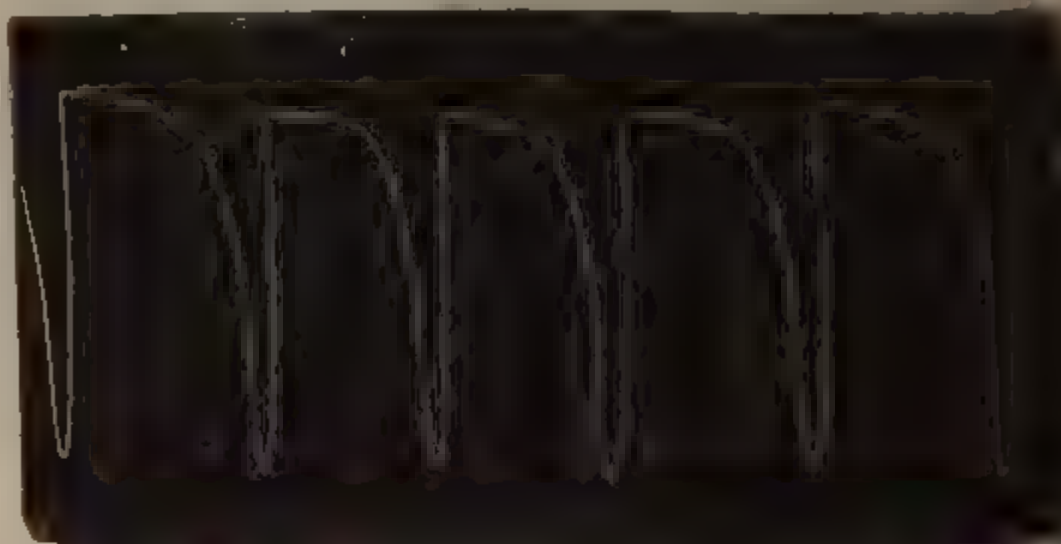


Fig. 241. — Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Lévesque.)

triques et A. Genzmer se rattache à cette opinion (hyperémie et paralysie). Longuet fait intervenir la paralysie des fibres lisses bronchiales qui aurait pour résultat une diminution de l'élasticité pulmonaire et l'expulsion incomplète des mucosités bronchiales. Ce qui est certain, en effet, c'est qu'on trouve toujours une grande quantité de mucus bronchique. Une des conditions essentielles me paraît être la diminution de la circulation pulmonaire apportée par l'augmentation de la durée de l'expiration et de la pause expiratoire; on a vu plus haut (page 939) que dans l'expiration il y a une diminution notable de la circulation sanguine; seulement cette condition n'est pas la seule et les autres causes de la mort ne sont pas encore précisées. En tout cas, il est bien prouvé, comme on le verra plus loin, que la mort ne tient pas à la section des récurrents.

La section d'un seul pneumogastrique n'est pas mortelle; dans ce cas on observe, d'après Cl. Bernard, une diminution de la respiration du côté lésé.

Dans les phénomènes qui succèdent à la section des pneumogastriques, il est facile d'éliminer ce qui peut revenir au larynx et au trachée en faisant la section au-dessous de ce nerf; mais par suite il est presque impossible de faire la section des pneumogastriques au-dessous des récurrents; aussi faut-il contrôler l'expérience par la section de ces deux nerfs.

La section double des récurrents paralyse tous les muscles de la gorge, sauf le crico-thyroïdien; les dilatateurs de la glotte sont donc paralysés et il en résulte d'abord de la dyspnée, par suite du rétrécissement

; les inspirations sont plus laborieuses, mais on n'observe pas les pauses expiratoires caractéristiques; et même cette dyspnée est plus claire que quand les animaux s'agitent ou sont effrayés: autrefois on peut vivre très-longtemps sans rien présenter de particulier de vue de la respiration. Ce n'est que chez les très-jeunes, les chats surtout, que la mort arrive très-vite par asphyxie, chez eux, comme l'ont indiqué Legallois et Longet, la partie aryénoïdienne de la glotte est à peine formée et les lèvres de la respiration sont entièrement membraneuses, font soupape et tendent à se fermer au lieu de s'ouvrir à chaque inspiration; chez les animaux adultes au contraire, l'air passe par la glotte aryénoïdienne tout-à-fait ouverte et résistante. Si l'on veut conserver quelque temps les animaux après la section des récurrents, il faut avoir la précaution de leur pratiquer une fistule de la trachée.

Excitation du pneumogastrique. — La galvanisation du bout périphérique est à peu près sans action sur la respiration. L'excitation du tronc produit des résultats différents suivant que l'excitation a lieu au-dessus ou au-dessous de l'origine du laryngé supérieur.

L'excitation a lieu *au-dessous* de l'origine du laryngé inférieur, l'excitation est faible, il y a simple accélération des mouvements respiratoires; 2°, si l'excitation est forte, on obtient un véritable tétanos expiratoire, tandis que les muscles expirateurs sont relâchés; cette inspiration peut durer plus de trente secondes.

L'excitation a lieu au-dessus de l'origine du laryngé supérieur, soit sur le nerf laryngé supérieur même: 1°, si l'excitation est faible, les mouvements respiratoires se ralentissent; 2°, si l'excitation est forte, les muscles expirateurs se contractent tétaniquement, la glotte se ferme et le diaphragme est dans le relâchement ainsi que les muscles inspirateurs; la respiration s'arrête en expiration.

D'après ces expériences, le pneumogastrique contiendrait donc deux sortes de fibres centripètes agissant sur la respiration par un réflexe: 1° des fibres provenant du poumon (*filets pulmonaires*) dont l'activité excite le centre inspirateur et paralyse le centre expirateur; 2° des fibres contenues dans le laryngé supérieur (*filets laryngés*) dont l'activité excite le centre expirateur et paralyse le centre inspirateur.

Cette théorie, admise par Rosenthal, Traube, Eckhard et la plupart des physiologistes allemands, a été vivement combattue, principalement par Bert. D'après Bert, le point de départ du réflexe excitateur est le même; que l'excitation parte du poumon ou du larynx, le résultat est toujours le même; si l'excitation est faible, il y a accélération des mouvements respiratoires; si elle est forte, ils sont ralentis; si elle est

très-forte, ils sont arrêtés. L'arrêt de la respiration peut se faire tant en inspiration, tantôt et plus souvent en expiration, enfin dans certains cas d'excitation très-forte de ces nerfs, il peut y avoir mort de l'animal en expérience. D'après mes expériences, les faits se raissent s'accorder plutôt avec la théorie de Rosenthal.

Les rapports du laryngé supérieur avec le centre expirateur expliquent la toux qui se produit par l'excitation de la muqueuse du larynx chez les animaux narcotisés. Waller et Prévost ont vu la toux disparaître par l'excitation directe du tronc du laryngé supérieur. Le sang chargé d'acide carbonique paraît agir comme excitant sur les terminales nerveuses des filets pulmonaires (inspirateurs), mais par là même action sur les filets larynges (expirateurs).

3° *Action réflexe du pneumogastrique sur les sécrétions* (Ehl), par l'excitation du bout central du pneumogastrique a obtenu une augmentation de sécrétion sous-maxillaire. Cette action ne se produisant pas si l'on coupait préalablement la corde du tympan, cependant le fait n'a pas été confirmé par Naro et Bernstein a vu la même excitation arrêter la sécrétion pancréatique.

4° *Action réflexe vaso-motrice* — Voir *Rameau auriculaire* (anastomoses) et *Nerf de presseur* (nerfs vasculaires).

F. ACTION SECRÉTOIRE DIRECTE DU PNEUMOGASTRIQUE. — 1° *Action sur la sécrétion du suc gastrique*. — Il y a de nombreuses dissidences sur ce sujet. Schiff, Eckhard nient toute influence du nerf sur la sécrétion, cependant d'autres auteurs ont vu soit une diminution de quantité (Longeb.), attribuée par E. Schmidt à la diminution de la sécrétion salivaire, soit une altération de qualité (alcalinité) : Cl. Bernard, Pincus. Ce point de certain, c'est que la section des pneumogastriques provoque tantôt des troubles digestifs, tantôt non. Pincus avait remarqué que la digestion stomacale était plus troublée si on coupait les pneumogastriques au-dessous du diaphragme que si on les coupait au cou; mais Kitzler et Schiff n'ont pas rencontré ces différences chez les animaux qui survivaient. Cl. Bernard a remarqué qu'après la section des pneumogastriques, l'absorption par la muqueuse stomacale se faisait plus lentement mais continuait cependant à se faire, contrairement aux assertions de Longeb.

2° *Action sur la sécrétion rénale*. — Cl. Bernard après la section des pneumogastriques, a vu, chez le lapin, les urines alcalines devenir acides; la galvanisation du nerf au cardia pro-

aussi une augmentation de sécrétion urinaire. Eckhard, au contraire, n'a pu constater aucune action sur la sécrétion rénale.

ACTION SUR LE FOIE ET LA GLYCOGÉNIE. — La galvanisation pneumogastrique augmente la quantité de sucre et de matière grasse dans le foie et les fait apparaître dans l'urine ; sa section fait disparaître du foie et on n'en trouve plus après la mort (Cl. Bernard). Cependant, ce qui indique que cette action du pneumogastrique sur la glycogénie hépatique n'est qu'indirecte, c'est que la section du nerf au-dessous du cœur et des poumons n'empêche pas cette fonction de s'accomplir. Cl. Bernard a constaté aussi l'apparition de sucre dans l'urine par l'excitation du bout central du nerf.

ANASTOMOSES. — 1° *Rameau auriculaire ou de la fosse tympanique.* — Cette branche, très-grosse chez le bœuf et le cheval, est très-sensible (Cl. Bernard) et sa section détermine une douleur vive ; après cette section, le bout central du facial n'est plus sensible au pincement. Il se compose donc probablement de filets sensitifs allant du pneumogastrique au facial ; d'après Ley, Valentin, il contiendrait encore des filets moteurs allant du facial au pneumogastrique. Ce rameau auriculaire aurait une action vaso-motrice réflexe sur les vaisseaux en de dedans de l'oreille ; l'excitation du bout central produit d'abord un rétrécissement, puis une dilatation des vaisseaux de l'oreille ; ce phénomène ne se montrerait plus après la section du grand sympathique au cou (Snellen).

A. avec le glosso-pharyngien (voir ce nerf).

A. du plexus gangliforme avec le spinal (voir ce nerf).

A. du plexus gangliforme avec le grand sympathique. — Il contient probablement des filets vaso-moteurs ou trophiques au pneumogastrique ; leur trajet ultérieur est indéterminé.

A. du plexus gangliforme avec l'hypoglosse (voir ce nerf).

A. de son rameau pharyngien avec le glosso-pharyngien. — Il fournit probablement une partie des muscles du pharynx.

A. de ses rameaux terminaux avec le grand sympathique. — Il se distribue au plexus pharyngien, cardiaque, pulmonaire, œsophagien, gastrique.

A. de Galien. — D'après Philipeaux et Vulpian, ces fibres sont exclusivement du laryngé supérieur à l'inférieur et fournissent les filets sensitifs à la trachée et à l'œsophage. (Méthode d'aller.)

Bibliographie. — C. SÉDILLOT : *Du Nerf pneumogastrique*, 1829. — V. KILIAN : *Essai expérimental sur la nature fonctionnelle du pneumogastrique*. — BROUQUARD : *Effets de la section des nerfs vagues*. (Gazette médicale, 1854.) — *Sur Phys. der sogenannten Hemmungsnerven*, dans : *Untersuch. zur Naturlehre*. — J. ROSENTHAL : *Die Athembewegungen*, 1862. — A. CHAUVÉAT : *Du Nerf pneumogastrique*. (Journal de physiologie, 1862.) — ARLOING et TRIPIER : *Contributions à la physiologie des nerfs vagues*. (Archives de physiologie, 1862.)

k. — Spinal. (Figure 245.)

Procédés. — 1° *Excitation intra-crânienne et intra-rachidienne*. Peut se faire sur une moitié de tête d'un animal décapité.

2° *Section*. — *Procédé de Bischoff*. On met à nu et on incise la membrane occipito-atloïdienne ; pour arriver sur toutes les racines, faut enlever une partie de l'occipital ; mais on a alors beaucoup de sang.

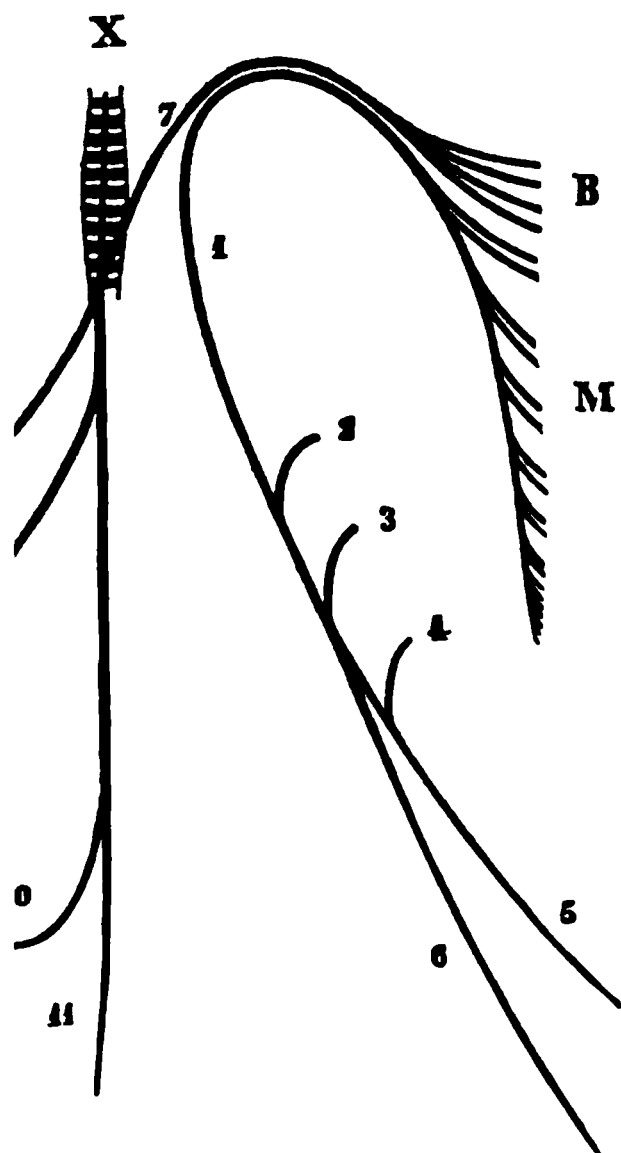
3° *Arrachement de Cl. Bernard*. — On met à découvert la branche externe du spinal au moment où elle traverse le sterno-mastoïdien ; on s'en sert comme de guide pour arriver à la partie supérieure du nerf qu'on met à découvert jusqu'au trou déchiré postérieur ; on prend alors avec des pinces à mors solides le nerf tout entier et on l'arrache par un mouvement de traction ferme et continu. Le procédé réussit surtout bien chez le chat, le lapin, le chevreau ; il échoue ordinairement chez le chien. On peut arracher isolément la branche interne ou la branche externe ; il faut, autant que possible, choisir de jeunes animaux. L'opération est douloureuse ; aussi faut-il fixer solidement la tête de l'animal. Il peut y avoir écoulement de sang par la déchirure de la jugulaire interne accolée au spinal. Schiff a vu souvent un œdème intense persister pendant quelques heures après l'arrachement. H. Hain a suivi un procédé un peu différent pour arriver sur le spinal : il guide sur la grande corne de l'os hyoïde.

A. ACTION MOTRICE. — Le spinal est un nerf exclusivement moteur et ses deux branches ont une distribution toute différente.

1° La *branche externe* ou médullaire, M, innerve le sterno-mastoïdien et le trapèze, conjointement avec les branches du plexus cervical ; aussi la section de la branche externe n'empêche pas les mouvements de ces deux muscles.

2° La *branche interne* ou bulbaire, B, se jette dans le ganglion gangliforme du pneumogastrique et contribue à former les racines laryngées motrices du récurrent ; elle innerve donc tous les muscles du larynx, à l'exception du crico-thyroïdien (voir *Pneumogastrique*). L'excitation des racines bulbaires produit

actions dans les muscles du larynx, et après l'arrachement spinal, la plus grande partie des fibres du récurrent sont dégénérées (Waller). D'après Burckhardt, après l'arrachement du spinal, le laryngé supérieur contiendrait aussi des fibres dégénérées, et l'excitation du laryngé supérieur ne produirait plus d'excitation dans les muscles crico-thyroïdiens.



5. — Nerf spinal. (Figure schématisque.)

Elle fournit aussi des filets moteurs aux muscles du pharynx. Chauveau a vu son excitation amener des contractions, mais seulement dans la bandelette supérieure du constricteur supérieur. Pour Bendz et Longet, la plus grande partie des fibres motrices du plexus pharyngien viendrait du spinal, et, après l'arrachement du spinal, Burckhardt a trouvé un grand nombre de fibres dégénérées dans les rameaux pharyngiens et le plexus eumogastrique. Waller croit que les fibres musculaires de l'œsophage proviennent aussi du spinal.

D'après Cl. Bernard, le spinal agirait non-seulement par sa branche interne, mais encore par sa branche externe, sur l'expiration forcée (dans l'effort et dans l'effort). En effet, après l'arrachement du spinal, on observe des phénomènes particuliers qu'on peut classer en deux groupes, suivant qu'ils se rattachent à la paralysie de l'une des deux branches.

Pour la branche interne, c'est l'aphonie et la gêne de la déglutition ; mais cette aphonie ne ressemblerait pas à celle qui se produit après la section des récurrents ; dans la paralysie du spinal, il y aurait

65. — B, racines bulbaires. — M, racines médullaires. — X, pneumogastrique. — 1, nerf externe du spinal. — 2, Anastomose avec le deuxième nerf cervical. — 3, anastomose avec le troisième. — 4, anastomose avec le quatrième. — 5, branche du trapèze. — 6, branche du sterno-mastoldien. — 7, racine interne. — 8, nerf pharyngien. — 9, nerf externe (?). — 10, nerf récurrent. — 11, nerfs cardiaques.

une dilatation persistante de la glotte, et les cordes vocales pourraient se rapprocher, mais sans se tendre; dans la paralysie du pneumogastrique, la glotte serait rétrécie et ne pourrait se dilater. La gêne de la ventilation existant après l'arrachement du spinal ne se remarque pas à l'état normal, elle ne se fait sentir que si on dérange brusquement l'animal. Au moment où il mange, dans ce cas, les aliments passent dans la trachée; c'est que les muscles pharyngiens ont une double action d'abord de pousser les aliments dans l'œsophage, ensuite de fermer le larynx et l'occlusion de la glotte se fait encore chez les chiens après l'excision de tous les nerfs laryngés et de l'épiglotte, ces deux actions sont sous deux influences nerveuses distinctes, et après l'ablation du spinal le pharynx ne conserve plus que les mouvements qui poussent les aliments dans l'œsophage. Cette branche interne agit donc non sur la respiration simple, mais sur la respiration en tant qu'elle est liée à la phonation et à l'effort; le spinal est le nerf de l'expiration forcée volontaire, spécialement de l'expiration vocale; le pneumogastrique est le nerf de la respiration simple, organique.

2° Pour la branche externe, Cl. Bernard a constaté, après son arrachement, la brièveté de l'expiration, de l'essoufflement, surtout si on faisait courir l'animal, et de l'irrégularité dans la démarche. La cause. Cl. Bernard distingue la fonction respiratoire de la fonction vocale musculaire volontaire. L'émission du son vocal nécessite une certaine durée de l'expiration pendant laquelle le son doit se soutenir, l'expiration doit être graduelle, il en est de même dans l'effort modéré. Les sterno-mastoïdiens et le trapèze maintenant le thorax dans une position qui oppose à l'expiration en la maintenant dans les limites voulues. Après la section de la branche externe, cette influence n'existe plus, l'absence se révèle par l'essoufflement dans les efforts et l'impossibilité de soutenir le son vocal.

En résumé, dans la phonation, le spinal agit, par sa branche interne sur la glotte, organe producteur du son, en la rétrécissant et en tendant les cordes vocales, par sa branche externe sur le pectoral et le thorax, en réglant la quantité d'air expiré pendant l'émission du son. Dans l'effort, il agit par sa branche interne, en fermant plus ou moins complètement la glotte, par sa branche externe, en maintenant le thorax immobile, en antagonisme avec les expirateurs.

Cette théorie de Cl. Bernard sur les actions antagonistes du pneumogastrique et du spinal a été combattue de plusieurs côtés et particulièrement par Longet, au traité duquel je renvoie pour la discussion des faits.

B ACTION SENSITIVE. — Le spinal est sensible dans sa portion extra-crânienne, le pincement du bout central détermine une douleur; cette sensibilité est due probablement à son caractère

anastomose avec le pneumogastrique ou avec les racines postérieures des nerfs cervicaux. Dans sa partie intra-rachidienne, il aurait la sensibilité récurrente, qu'il devrait, d'après Cl. Bernard, à ses anastomoses avec les racines postérieures cervicales.

C. ANASTOMOSES. — 1° *A. avec les racines postérieures cervicales.* — Elles donnent probablement la sensibilité au spinal.

2° *A. avec le pneumogastrique.* — Voir ci-dessus et *Pneumogastrique.*

3° *A. avec les nerfs cervicaux.* — Ces filets assurent la double innervation du sterno-mastoïdien et du trapèze.

Bibliographie. — BISCHOFF ; *Nervi accessorii willisii physiologia*, 1832. — G. MORICANT : *Sopra il nervo detto l'accessorio di Willis*, 1843.

1. — Grand hypoglosse. (Figure 246.)

Procédés. — 1° *Excitation intra-crânienne de ses racines.* — Se fait sur une moitié de tête d'un animal décapité. — 2° *Section (lapin).* — Inciser la peau sur la ligne médiane du cou, chercher la pointe de la grande corne de l'os hyoïde ; en dehors d'elle se trouve la carotide externe qui émet l'artère linguale ; au-dessus de cette artère, qui longe la grande corne, se trouve le nerf hypoglosse.

A. ACTION MOTRICE. — L'hypoglosse est un nerf exclusivement moteur à son origine. Il innerve tous les muscles de la langue, le génio-hyoïdien et le thyro-hyoïdien. Sa section abolit les mouvements volontaires de la langue (par exemple l'action de laper chez le chien) et rend la déglutition très-difficile ; mais les mouvements communiqués de la langue sont encore possibles par l'action des muscles voisins. Sa galvanisation produit des secousses convulsives dans la langue. Il est douteux qu'il innerve les muscles sous-hyoïdiens par son anse descendante ; d'après Volkmann, l'excitation des racines de l'hypoglosse ne détermine dans ces muscles que des contractions très-faibles, et encore exceptionnellement ; leur principale et peut-être leur seule source d'innervation viendrait alors du plexus cervical.

B. ACTION SENSITIVE. — L'hypoglosse est insensible à son origine ; cependant C. Mayer et Vulpian ont constaté chez les animaux et, dans trois cas, chez l'homme la présence d'un ganglion sur une de ses racines. Au-dessus de l'os hyoïde, sa sensibilité est très-nette ; elle est due à ses anastomoses avec les nerfs

cervicaux et peut-être avec le pneumogastrique. D'après Cl. Bernard, il aurait aussi la sensibilité récurrente qui lui viendrait de cinquième paire.

C. ACTION VASO-MOTRICE ET TROPHIQUE. — Les filets qui v

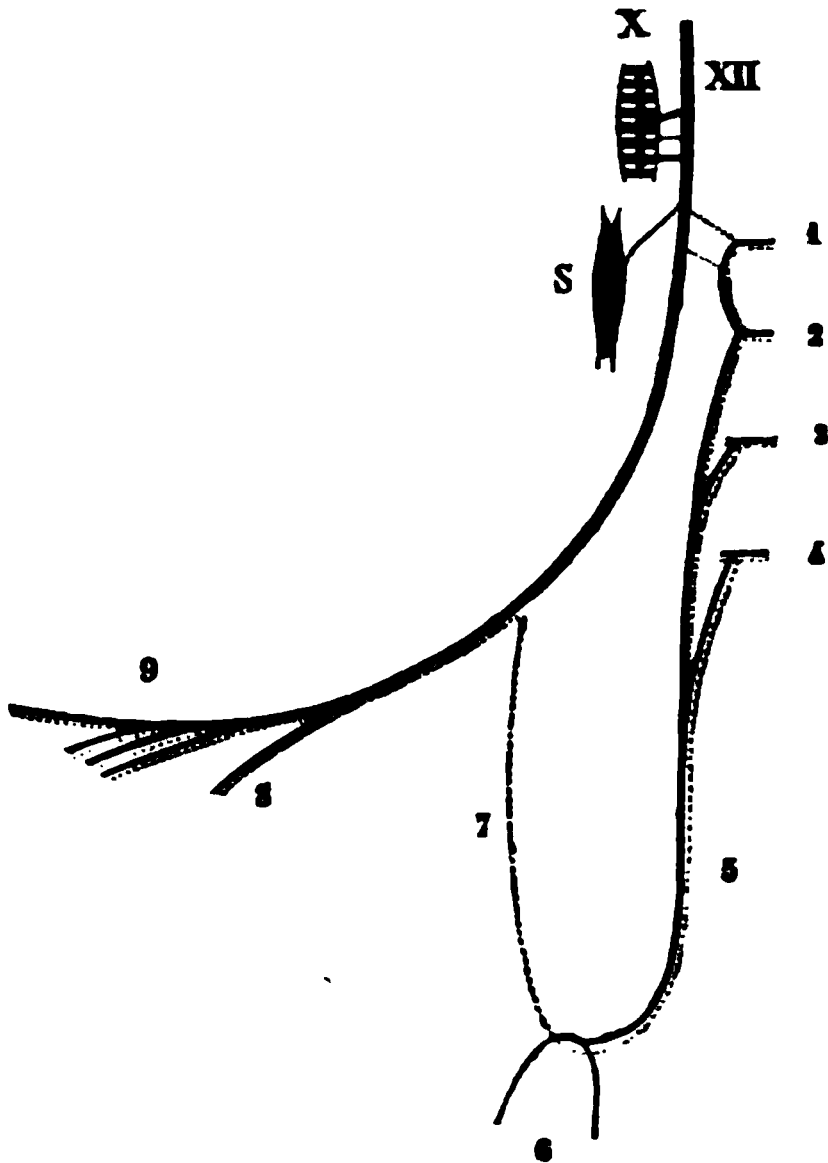


Fig. 246. — Nerf hypoglosse. (Figure schématique.)

au sinus occipital, au cercle veineux de l'hypoglosse, à la veine jugulaire et au diploë, proviennent probablement de son anastomose avec le ganglion cervical supérieur.

D. ANASTOMOSES. — 1° A. avec le ganglion cervical supérieur. — Voir ci-dessus. — 2° A. avec le pneumogastrique. — Cette anastomose fournit soit des filets sensitifs à l'hypoglosse, soit une partie des racines motrices du pneumogastrique (Cruveilhier et Sappey). — 3° Anse descendante de l'hypoglosse. — Elle contient des filets sensitifs allant à l'hypoglosse et probablement les filets

Fig. 246. — X, pneumogastrique. — XII, grand hypoglosse. — S, ganglion cervical supérieur. — 1, 2, 3, 4, nerfs cervicaux. — 5, branche descendante. — 6, nerfs des muscles hyoldiens. — 7, anse de l'hypoglosse. — 8, rameau du thyro-hyoldien. — 9, rameau minime.

teurs des muscles sous-hyoïdiens provenant presque tous des fs cervicaux.

Bibliographie des nerfs crâniens. — C. VALENTIN : *De functionibus nervorum cerebralium*, 1839. Voir aussi la bibliographie des centres nerveux.

3° NERFS DES ORGANES CIRCULATOIRES.

a. — Innervation du cœur. (Figure 247.)

Le cœur reçoit deux espèces de fibres nerveuses, des fibres arrêt qui lui viennent du pneumogastrique et qui ont été étudiées avec ce nerf (voir page 937), et des fibres accélératrices, contenues dans le grand sympathique, et qui lui viennent de la moelle. En outre, le cœur possède dans son tissu même un plexus nerveux ganglionnaire (ganglions intra-cardiaques), dont le mode d'action présente beaucoup d'obscurité. Enfin des nerfs sensitifs et excito-réflexes complètent l'innervation cardiaque.

1° Action du grand sympathique sur le cœur.

Le grand sympathique contient des filets nerveux dont l'action est antagoniste de celle du pneumogastrique. Ces filets accélérateurs se rencontrent :

1° *Dans le cordon du grand sympathique au cou* (fig. 247, 4). — L'excitation du tronc, ainsi que celle du bout périphérique (après sa section), accélère les battements du cœur ; sa section, au contraire, les ralentit un peu (V. Bezold). Mais, en tout cas, cette action n'est pas aussi prononcée que celle du pneumogastrique et elle n'est pas constante. Quelquefois, surtout si les pulsations du cœur étaient déjà très-fréquentes (exemple : lapin), il ne se produit rien ; quelquefois même on a une action identique à celle du pneumogastrique. Cyon, au contraire, croit que l'excitation seule du sympathique est sans action sur le cœur. Les fibres cardiaques, niées par Cyon, proviendraient, d'après V. Bezold, du cerveau.

2° *Dans le ganglion cervical inférieur.* — L'irritation directe des fibres cardiaques qui partent du ganglion (la troisième branche chez le lapin, la deuxième chez le chien) amène une accélération des battements du cœur. Mais l'origine de ces fibres accélératrices ne se trouve pas dans le ganglion même, elle se trouve plus haut dans la moelle cervicale ; en effet, si l'on fait la section des pneumogastriques, des

sympathiques du cou et des nerfs dépresseurs des deux côtés, tion de la moelle cervicale et enfin la section des splanchniques abolir l'influence des vaso-moteurs et de la pression sanguine (l'animal étant curarisé et la respiration artificielle pratiquée), l'excitation de la moelle cervicale produit l'accélération des battements du cœur; or, cette accélération ne peut tenir à une action réflexe sur le cœur, puisque tous les nerfs du cou sont coupés; elle ne peut tenir non plus à l'influence de la pression sanguine, vu la section des dépresseurs et des splanchniques; il ne peut donc y avoir qu'une action directe de la moelle sur le cœur. Si on extirpe ce ganglion, l'action accélératrice ne se produit plus.

3° Dans les deux premiers ganglions dorsaux (?) — Leur excitation accélère les pulsations du cœur et, s'il est arrêté, réveille ses battements (V. Bezold, Schmiedeberg). Ces fibres accélératrices proviennent aussi de la moelle par les *rami communicantes* (Cyon), ou par l'anneau de Vieussens (Schmiedeberg).

V. Bezold, se basant sur l'accélération du cœur produite par l'excitation de la moelle à diverses hauteurs, croyait d'abord que les accélératrices situées dans ces ganglions provenaient de toute la moelle et remontaient pour arriver aux nerfs cardiaques; mais Ludwig et Thiry ont montré que le même effet se produit on détruit, par la galvanocaustique, tous les nerfs du cœur, l'accélération vue par V. Bezold est une conséquence de l'excitation des nerfs vaso-moteurs. Au contraire, après la section des splanchniques, qui abolit une grande partie de l'innervation vaso-motrice, l'excitation de la moelle ne produit plus d'accélération.

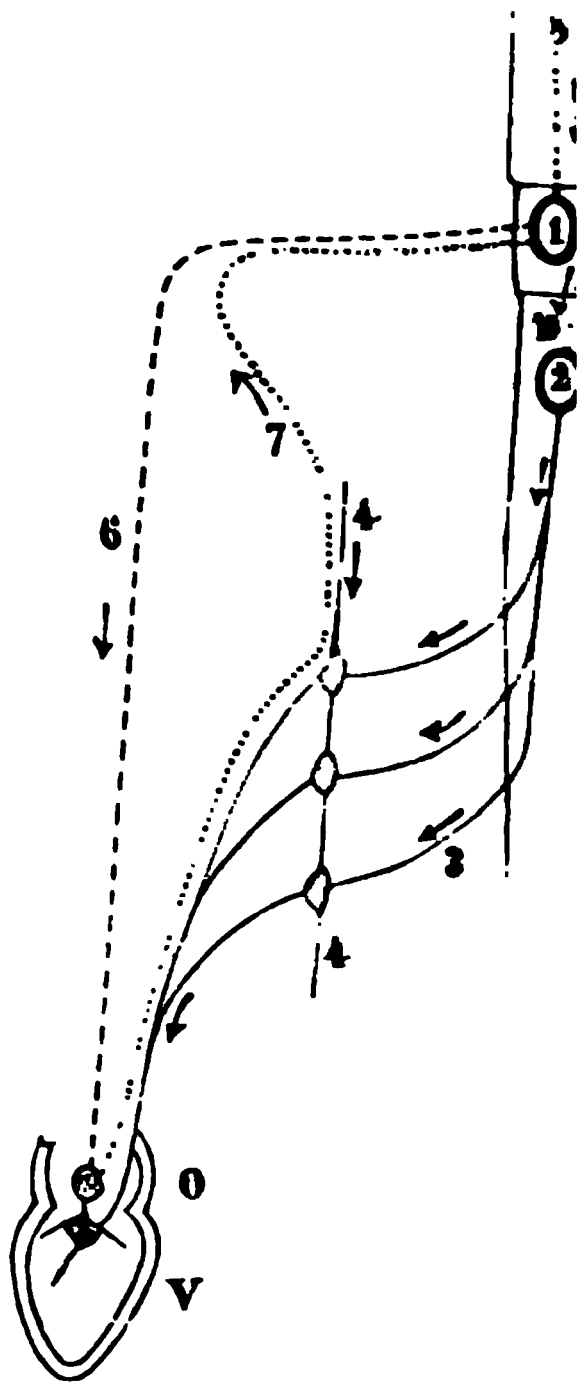


Fig. 247. — Innervation du cœur.
(Figure schématique.)

Fig. 247. — M, moelle. — B, Bulbe. — P, protubérance. — O, oreillette. — V, ventricule. — 1, centre d'arrêt. — 2, centre accélérateur. — 3, rami communicantes. — 4, pneumogastrique. — 6, pneumogastrique. — 7, 8, 9, nerfs centripètes excitant le centre d'arrêt.

Les fibres accélératrices sont donc antagonistes du pneumogastrique ; elles augmentent le nombre des pulsations du cœur, mais elles ne passent pas changer le travail total du cœur ; elles ne feraient que le partir autrement. Ces nerfs ne seraient donc pas des nerfs moteurs sens strict du mot ; leur excitation ne produit pas le tétanos du cœur, le curare est sans action sur eux ; il est probable qu'ils n'ont une action indirecte sur les mouvements du cœur, qu'ils ne se terminent pas dans les fibres musculaires mêmes et qu'ils aboutissent aux nœuds intra-cardiaques. On ne peut supposer non plus qu'ils agissent sur les vaisseaux du cœur, comme le croyait Traube, car leur excitation ne produit aucune constriction de ces vaisseaux, et la ligature ou l'obturation des artères coronaires ne change rien aux phénomènes observés (V. Bezold).

Action réflexe du grand sympathique sur le cœur. — Le sympathique du cou contient non-seulement des fibres accélératrices centripètes, mais encore des fibres centripètes qui agissent par action réflexe sur le pneumogastrique. Si on coupe sur un lapin les deux sympathiques dans la partie inférieure du cou et qu'on excite le bout central, on observe un ralentissement du pouls, et ce qui prouve bien que ce ralentissement est dû à une action réflexe sur le pneumogastrique, c'est qu'il ne se produit plus après la section de ce nerf ou après la destruction de la moelle allongée. Le sympathique dans la région abdominale (grenouille), les splanchniques contiennent aussi des fibres dont l'excitation produit l'arrêt du cœur en se transmettant par la moelle épinière à la moelle allongée aux origines du pneumogastrique. Goltz a vu l'arrêt du cœur se produire par un choc brusque sur l'estomac (grenouille) ; il y a là probablement une excitation des filets sensitifs de l'estomac ; mais ces filets proviennent-ils du pneumogastrique ou du sympathique ?

2° Action de la moelle sur le cœur.

Les fibres accélératrices du cœur ont leur origine dans les régions cervicales de la moelle épinière et peut-être dans la moelle allongée. En effet, si on supprime l'intervention du centre d'arrêt par la section des pneumogastriques, celle des actions réflexes par la section du sympathique au cou, celle de la pression vasculaire par la section des splanchniques ou par celle de la moelle au-dessus de leur origine, l'excitation de la partie supérieure de la moelle accélère les battements du cœur (V. Bezold, Cyon). Duval a obtenu des contractions de l'oreillette droite et du ventricule chez un guillotiné en électrisant la moelle cervicale, alors que l'application du galvanisme sur le cœur restait sans effet.

La moelle allongée contient, en outre, le centre d'arrêt des mouvements du cœur et l'origine des fibres d'arrêt cardiaques du pneumogastrique; mais la situation de ce centre, qui paraît se trouver dans le bulbe, n'est pas encore bien déterminée. Ce qu'il y a de positif, c'est que l'agitation directe du bulbe produit l'arrêt du cœur (Budge). L'état du sang paraît avoir une influence marquée sur ce centre d'arrêt. Thiry. Si on pratique chez un lapin la respiration artificielle et qu'on la rompe subitement, on voit, au bout de quelques secondes, le cœur ralentir et le cœur s'arrêter en diastole. Les origines du pneumogastrique (centre d'arrêt bulbaire) ont donc été excitées par le sang qui a pris le caractère veineux par l'interruption de la respiration et ce qui prouve bien que c'est le pneumogastrique qui est en jeu, c'est que le phénomène ne se produit plus après sa section ou après l'arrachement du spinal. Comment le sang veineux excite-t-il le centre d'arrêt d'arrêt? Est-ce par l'excès d'acide carbonique ou par l'absence d'oxygène? Pour décider la question, Thiry fait respirer l'animal à un mélange d'hydrogène, ce qui empêche l'accumulation d'acide carbonique dans le sang, et l'arrêt du cœur ne s'en produit pas moins. Cependant, d'après de nouvelles expériences, il se rattache à l'opinion de Traube, qui considère l'acide carbonique comme l'excitant du centre d'arrêt cardiaque.

La moelle, dans sa partie supérieure, possède donc deux centres nerveux antagonistes pour les mouvements du cœur, un centre moteur et un centre d'arrêt. Aussi l'indépendance du cœur n'est-elle que relative. Si l'opinion de Legallois, qui considérait la moelle comme centre des mouvements du cœur, est infirmée par les faits, il n'en reste pas moins, comme conclusion, une subordination réelle du cœur à la moelle. Les influences qui agissent sur ces deux centres cardiaques se rattachent à deux catégories : état du sang, influences nerveuses. L'excès d'acide carbonique excite le centre d'arrêt, le sang veineux excite le centre accélérateur. Les influences nerveuses agissent sur les deux centres, mais celles qui agissent sur le centre d'arrêt sont seules bien connues, ce sont : 1° les excitations des nerfs sensitifs, tant de la sensibilité générale que de la sensibilité organique. Parmi ces nerfs, un des plus importants est le nerf déresseur de la respiration, c'est à cette action que se rattache l'arrêt du cœur observé par Thiry chez la grenouille par un choc brusque sur le ventre. 2° Les excitations. Le centre accélérateur peut aussi entrer en jeu par les excitations et peut-être aussi par des excitations faibles des nerfs sensitifs. 3° Asp, l'excitation du bout central des nerfs musculaires produit nécessairement une accélération des battements du cœur. La veine n'a sans influence directe sur ces deux centres.

(*) De Tarchanoff a vu le simple attouchement des intestins exciter le cœur et produire le même effet.

3° Innervation ganglionnaire du cœur.

Les ganglions du cœur, découverts par Remak, ont surtout été étudiés chez la grenouille. On les rencontre dans le sinus de la veine cave, la paroi des oreillettes, la cloison auriculo-ventriculaire et la paroi postérieure du ventricule. D'après Schklarewski, ils forment deux anneaux, un dans le sillon auriculo-ventriculaire, l'autre, à angle droit avec le précédent, dans le sillon interauriculaire. C'est à eux que viennent probablement aboutir les branches cardiaques du pneumogastrique et du sympathique, et c'est d'eux que partent les filets qui vont au tissu musculaire du cœur.

Ces ganglions commandent les mouvements rythmiques du cœur ; si on coupe ou si on lie les différentes parties du cœur, celles qui sont pourvues de ganglions continuent à battre, celles qui en sont dépourvues s'arrêtent en diastole ; cependant le phénomène est un peu plus complexe. Les ganglions du cœur ne paraissent pas avoir tous la même action physiologique ; les uns paraissent agir comme centres d'arrêt, et sont probablement en connexion avec les filets du pneumogastrique ; les autres comme centres accélérateurs et correspondraient aux filets du grand sympathique. C'est ce que tendent à prouver les recherches suivantes, dues à Stannius et faites sur des cœurs de grenouilles.

1° Si on coupe ou si on lie le ventricule, la pointe du ventricule reste immobile, tandis que la base du ventricule, l'oreillette et le sinus continuent leurs pulsations ; 2° si la coupe ou la ligature portent sur l'oreillette, le sinus et la partie attenante à l'oreillette se contractent, le reste du cœur est immobile et cet arrêt est d'autant plus long que la coupe se rapproche du sillon auriculo-ventriculaire, puis les battements reprennent ordinairement au bout d'un certain temps et on peut, en tout cas, les faire reparaitre en excitant la base du ventricule. — 3° Si la ligature est faite à la limite du sinus veineux et de l'oreillette, le sinus continue à battre ; le ventricule et l'oreillette s'arrêtent en diastole ; si alors on lie dans le sillon auriculo-ventriculaire, le ventricule bat de nouveau.

Ces expériences semblent prouver que les ganglions d'arrêt se trouvent au niveau de l'oreillette, les ganglions accélérateurs à l'orifice veineux et dans le sillon auriculo-ventriculaire. L'excitation directe des différentes régions du cœur, qui seule permettrait de résoudre la question, n'a pas donné de résultats assez précis.

Il ne faudrait cependant pas croire que la présence de ganglions soit indispensable pour qu'il y ait des mouvements rythmiques du cœur. Chez l'embryon, le cœur exécute des contractions rythmiques, et cependant au microscope on n'y trouve pas trace de cellules nerveuses ; il en est de même chez plusieurs invertébrés (Eckhard).

Conditions influençant l'innervation ganglionnaire du cœur —

Il est difficile, dans l'étude des influences diverses qui agissent sur le cœur, de faire la part de l'irritabilité musculaire du cœur et de l'excitabilité de ses ganglions et de ses nerfs.

D'une manière générale, la *chaleur* accélère les battements du cœur; le froid, au contraire, les diminue. Cette action est plus prononcée chez les animaux à sang froid (Callaburcès). Dans leurs expériences sur les cœurs de grenouille, Ludwig et Cyon ont vu l'augmentation de fréquence du cœur atteindre son maximum de 30° à 40° et être alors compensée subitement par une diminution. D'après Eckhard, la chaleur agit sur le muscle même, sur des cœurs d'embryon de poulet de dix jours; il sépare le ventricule de l'oreillette: le ventricule s'arrête en diastole; en le soumettant alors à une température de 41° à 42° il se remet à battre; s'arrête quand la température retombe à 30° et reprend de nouveau si la température augmente, et ces observations ont été confirmées par Schenk. Il y a donc, pour l'exercice des mouvements du cœur, une certaine latitude en deçà et au delà de laquelle les battements s'arrêtent. Le minimum et le maximum de température nécessaires sont plus écartés et par suite la latitude de température plus grande pour les animaux à sang froid grenouille de $+ 1^{\circ}$ à $+ 10^{\circ}$.

Les excitations mécaniques, piqures, etc., amènent en général les pulsations du cœur, ainsi quand le cœur a cessé de battre par l'excitation du pneumogastrique, la piqure avec une aiguille réveille les pulsations. Une série de chocs sur le cœur (20 par minute, au contraire produit une diminution des battements et un arrêt en diastole) produit la contraction des parois du cœur quand elle n'est pas portée trop loin et de la même façon. L'insufflation d'air dans les cavités du cœur (expérience répétée par Robin sur un guillotiné, trois heures après l'extinction, réveille les battements, c'est probablement par la distension des parois du cœur que les variations de la pression sanguine agissent sur les mouvements de cet organe. Tout ce qui augmente la pression sanguine (ligature de l'aorte abdominale, etc.) produit, toutes choses égales d'ailleurs, une accélération des battements du cœur qui augmente en même temps de force (Cyon). Des faits contraires ont cependant été observés. Si l'augmentation de pression est trop considérable, au lieu d'une accélération, on a un ralentissement, ralentissement observé par Chauveau et Marey. Il semble qu'une faible pression agit sur les ganglions accélérateurs, une forte pression sur les ganglions d'arrêt et peut-être sur les terminaisons mêmes du pneumogastrique. En effet, la diminution du pouls par augmentation de pression a été remarquée plus si on a coupé préalablement les deux pneumogastriques. On dirait qu'une augmentation de pression excite à la fois les ganglions accélérateurs et les nerfs d'arrêt, de façon que si celle-ci est assez forte, l'action d'arrêt compense et au delà l'action accélérateur.

La galvanisation du cœur produit des résultats différents suivant le point sur lequel on agit. Chez la grenouille, la galvanisation du cœur en totalité ou de fragments assez étendus, provoque des contractions rythmiques ; quand le courant ne porte que sur de petits fragments dépourvus de ganglions, on n'a que des contractions comme celles d'un muscle ordinaire. La galvanisation du sinus du cœur arrête le cœur en diastole. Panum, S. Mayer, Vulpian ont vu aussi la faradisation des ventricules chez le chien et le chat produire l'arrêt du cœur. La présence du sang favorise les battements du cœur, et, comme le sang non oxygéné ne les active pas, l'accélération des pulsations doit être due à l'oxyhémoglobine et probablement à l'oxygène. En effet, si on pose un cœur détaché de l'animal dans un milieu gazeux saturé d'humidité, le cœur continue à battre plus ou moins longtemps suivant la composition du gaz ; il bat dans l'hydrogène, l'azote, plus longtemps que dans l'oxygène, qui paraît surtout favoriser la régularité des contractions ; il bat même dans le vide pneumatique saturé de vapeur d'eau ; il s'arrête bientôt dans l'acide carbonique, l'hydrogène sulfuré, le chlore, etc. (Bernstein). L'injection de sang ou de sérum oxygéné réveille ses pulsations ; l'injection de sérum saturé d'acide carbonique arrête en diastole ; cet arrêt diastolique paraît dû à une action immédiate excitante sur les terminaisons du pneumogastrique. L'oxygène agit sur les ganglions accélérateurs du cœur (Cyon).

Bibliographie. — A. V. BEZOLD : *Untersuchungen über die Innervation des Herzens*, 1868. — M. et E. CYON : *Sur l'Innervation du cœur*. (Compte rendu de l'Académie des sciences, 1867.) Voir aussi : bibliographie du pneumogastrique et bibliographie générale de l'innervation.

b. — Nerfs vasculaires.

Les muscles lisses des vaisseaux sont innervés par des nerfs artériels, nerfs *vaso-moteurs*, ou mieux *vasculaires*, qui se trouvent en grande partie dans les rameaux du grand sympathique, mais dont les origines réelles doivent être cherchées plus loin dans les centres nerveux. La connaissance réelle des nerfs vaso-moteurs date d'une expérience célèbre de Cl. Bernard (1852) ; il vit que la section du grand sympathique au cou produisait une dilatation des vaisseaux et une augmentation de température dans le côté correspondant de la face ; sa galvanisation, au contraire, amenait une constriction des vaisseaux. Le même observateur remarqua plus tard que certains nerfs vasculaires présentaient des propriétés inverses, le tympanico-lingual par exemple ; la galvanisation de ces nerfs déterminait, non plus

une constriction, mais une dilatation vasculaire, et Schiff propose de les appeler nerfs *dilatateurs* ou *vaso-dilatateurs* par opposition avec les premiers, nerfs vaso-moteurs proprement dits ou *vaso-constricteurs*.

1° *Nerfs vaso-moteurs proprement dits ou vaso-constricteurs.*

Jusqu'ici, on n'a guère étudié que les nerfs vaso-moteurs des artères, ce sont aussi eux qui présentent le plus d'intérêt physiologique. On sectionne les nerfs vaso-moteurs d'une région, les artères de cette région se dilatent, la pression sanguine y augmente, la circulation y est plus active et la température de la partie monte de plusieurs degrés. L'excitation chimique, galvanique, etc., produit l'effet inverse, les artères diminuent de calibre et la température baisse. Comme on l'a vu plus haut, la plus grande partie des vaso-moteurs se trouve dans le système du grand sympathique, et c'est par conséquent sur ce système que portent les expériences les plus nombreuses et les plus concluantes.

L'expérience capitale déjà citée est celle de la section du grand sympathique au cou. Outre les phénomènes oculo-pupillaires qui sont mentionnés plus loin, les phénomènes du côté des vaisseaux sont les suivants, faciles à constater chez le lapin, le chien et le cheval. La circulation de l'oreille et de la moitié correspondante de la tête est plus active; les artères sont dilatées et, si on fait une incision comparative des deux oreilles, donnent beaucoup plus de sang du côté resté intact; les veines est plus rouge, les muqueuses (conjonctive, muqueuse nasale) sont injectées; la température du côté opéré a pu même dépasser de cinq, dix degrés et plus la température du côté intact (température prise dans l'oreille, les narines, la profondeur des lobes sphériques cérébraux, en même temps la pression s'est accrue dans les rameaux de la carotide du côté opéré, cette suractivité de la circulation réagit naturellement sur les autres fonctions; les sécrétions sont activées (exemple: la sueur chez les chevaux), la sensibilité est augmentée; les parties, sans être cependant le siège d'une véritable congestion inflammatoire, sont plus disposées à l'inflammation (comme on s'en est mis en doute par plusieurs physiologistes). Enfin, d'après les observations de Sequard, les propriétés des muscles et des nerfs et les mouvements réflexes persisteraient plus longtemps que du côté sain. Tous ces phénomènes sont plus marqués chez les animaux en bonne santé que chez les malades, plus nets encore après l'arrachement du ganglion cervical supérieur. Ils se prononcent beaucoup plus si, comme l'a montré A. Mayer, on fait la section du nerf auriculaire du plexus cervical. La durée des

omènes est de vingt-quatre heures seulement après la section du grand sympathique, de quinze à dix-huit jours après l'arrachement.

Cette vascularité plus grande n'a pas été constatée seulement pour les parties superficielles; on l'a constatée aussi pour les parties profondes, dans les vaisseaux de la pie-mère et des membranes du cerveau (Nothnagel et Goujon), dans ceux de la muqueuse du tympan (Russak), dans ceux de la choroïde (Sinitrin); cependant Donders n'a pu, à l'ophthalmoscope, constater de dilatation des vaisseaux de la rétine et de la choroïde.

L'excitation du ganglion cervical supérieur et du cordon du sympathique cervical produit des effets inverses dans le détail desquels il est inutile d'entrer; ainsi, si on incise l'oreille d'un lapin, après la section du sympathique, la galvanisation arrête immédiatement l'écoulement sanguin. Cette galvanisation fait aussi disparaître de suite la congestion inflammatoire produite par l'application de rubéfiants sur la conjonctive ou sur l'oreille d'un lapin.

Le ganglion cervical inférieur et les premiers ganglions thoraciques contiennent aussi des fibres vaso-motrices qui se rendent aux vaisseaux du membre supérieur et du thorax. La galvanisation du premier ganglion thoracique produit un refroidissement et une constriction vasculaire bien sensibles, surtout sur les muscles (Cl. Bernard), et la section de ces ganglions amène une augmentation de température dans le membre supérieur et le côté correspondant de la poitrine. Il en est de même pour la partie lombaire du grand sympathique.

Les nerfs splanchniques, vu l'étendue de la région à laquelle ils se distribuent, paraissent être les principaux nerfs vasculaires du corps; ils fournissent en effet la plus grande partie des organes abdominaux. Après leur section, les vaisseaux des viscères de l'abdomen sont gorgés de sang; ces vaisseaux, énormément dilatés, détournent ainsi vers l'abdomen une grande partie de la masse sanguine, d'où diminution considérable de pression dans la carotide; ces phénomènes sont bien plus prononcés chez le lapin que chez le chien, et au bout d'un certain temps, quand l'animal survit à l'opération, la pression revient à l'état normal sans que les nerfs se soient réunis. L'excitation galvanique du bout périphérique des splanchniques produit au contraire une diminution du calibre des vaisseaux de l'abdomen et fait monter la pression dans la carotide au double de sa valeur normale. Les filets vaso-moteurs du foie peuvent être suivis assez haut; Lyon et Aladoff ont vu, en excitant l'anneau de Vieussens chez le chien, les vaisseaux du foie pâlir et la surface de l'organe se couvrir de taches blanches. Le pneumogastrique contiendrait aussi, d'après quelques physiologistes, des vaso-moteurs pour l'estomac et l'intestin (Ghl), et pour les artères coronaires du cœur (Brown-Sequard, Panum).

Les nerfs rachidiens renferment des fibres vaso-motrices qui pro-

viennent soit du grand sympathique, soit de la moelle. La section du nerf sciatique produit la dilatation des vaisseaux des doigts et de la membrane interdigitale (grenouille); si sur un chien on fait une plaie à la pulpe des orteils du côté lésé, on a un écoulement sanguin abondant qui s'arrête par l'électrisation du nerf sciatique. Les mêmes faits s'observent sur les nerfs du membre supérieur et peuvent même être constatés chez l'homme. Ainsi, Waller place le coude dans un bain réfrigérant et, quand au bout d'un certain temps le nerf cubital atteint par le froid, il constate une augmentation de température de l'annulaire et le petit doigt, augmentation due à la dilatation des vaisseaux produite par la paralysie *à frigore* des vaso-moteurs contenus dans le nerf cubital. Pour la tête même, tous les nerfs vaso-moteurs proviennent pas du grand sympathique, les nerfs cervicaux chez le lapin (nerf auriculaire) donnent des nerfs vasculaires Schiff. Le tronc même fournit les nerfs vaso-moteurs de l'iris, des cavités nasales et d'une partie de la cavité buccale.

L'action de la moelle sur les vaisseaux a été démontrée en 1839 par Nasse, qui observa une élévation de température dans les membres après la section de la moelle épinière. En 1852, Brown-Sequard fit la section d'une moitié latérale de la moelle dorsale et constata une augmentation de température dans le membre postérieur correspondant. La galvanisation de la moelle produit l'effet inverse et diminue le calibre des artères correspondantes (Näger). Sur des animaux curarisés et chez lesquels on a coupé les pneumogastriques et les sympathiques, l'excitation électrique d'une coupe de la moelle au niveau de l'atlas produit un rétrécissement de toutes les branches de l'aorte, rétrécissement très-sensible surtout sur les artères rénales. Ludwig et Thierlitz ont constaté, cependant, d'après Haldz, pour les artères musculaires, l'effet inverse de la galvanisation des racines antérieures, tandis que celle des racines postérieures ne produit rien. Brown-Sequard a vu la section des racines postérieures des cinq ou six derniers segments dorsaux et des deux premiers lombaires suivie de dilatation des vaisseaux et d'augmentation de température des membres postérieurs, mais il s'agissait probablement d'une action réflexe vaso-dilatatrice.

Les fibres vaso-motrices paraissent remonter jusqu'à la moelle allongée; Stricker et Kessel ont vu chez la grenouille l'électrisation de la moelle allongée produire la constriction des artères du tympan et de la membrane interdigitale, et Budge, par l'électrisation du pôle antérieur cérébral chez le lapin, a constaté un rétrécissement de toutes les artères du corps.

En résumé, d'après les faits précédents, les nerfs vaso-moteurs sont distribués de la façon suivante dans les diverses régions du corps :

1° Les vaso-moteurs de la tête sont fournis par la partie cervicale

grand sympathique et proviennent en partie du sympathique même, en partie de la moelle cervicale par les racines antérieures des nerfs cervicaux inférieurs et des nerfs thoraciques supérieurs et les *rami communicantes*. Les artères de l'iris, des cavités nasales et d'une partie de la bouche proviennent du ganglion de Gasser, sans qu'on puisse affirmer d'une façon précise leur origine dans le ganglion même.

2° Les vaso-moteurs des membres supérieurs et des parois du thorax viennent : 1° du ganglion cervical inférieur et des ganglions thoraciques supérieurs du sympathique ; 2° de la moelle par les *rami communicantes* situés entre la troisième et la septième vertèbre dorsale. La preuve qu'à ces fibres médullaires s'ajoutent des fibres sympathiques réside dans ce fait que la section des racines du plexus brachial en dehors des trous rachidiens produit une dilatation des artères plus considérable que la section en dedans du canal vertébral, c'est-à-dire avant qu'il ait reçu les anastomoses du grand sympathique.

3° Les vaso-moteurs des membres inférieurs et des parois du bassin sont fournis par la moelle (racine des nerfs sciatique et crural) et par la partie abdominale du sympathique ; de ces filets, les uns rejoignent les nerfs précédents, les autres vont directement aux vaisseaux.

4° Les vaso-moteurs viscéraux sont fournis par le grand sympathique et particulièrement par les nerfs splanchniques ; mais une partie des filets prend son origine dans la moelle ; le pneumogastrique paraît fournir aussi des filets vaso-moteurs à l'estomac et à l'intestin.

Les nerfs vaso-moteurs ont donc deux sources principales, la moelle d'une part, le grand sympathique de l'autre. Quant à la localisation de ces centres nerveux vaso-moteurs, elle est très-difficile à établir dans l'état actuel de la science. Y a-t-il dans la moelle un seul ou plusieurs centres vaso-moteurs ? D'après Owsjannikow, le centre vaso-moteur se trouverait dans les parties supérieures de la moelle allongée, au-dessous des tubercules quadrijumeaux. Dittmar le place dans le faisceau intermédiaire du bulbe (noyau antéro-latéral de Clarke), et les fibres vaso-motrices y arriveraient en suivant le cordon latéral de la moelle (Kawrocki). Vulpian, Goltz, Schlesinger au contraire, sans nier l'existence d'un centre principal dans la moelle allongée, croient que des centres vaso-moteurs sont disséminés dans toute l'étendue de la moelle. Pour les vaso-moteurs sympathiques, cette dissémination des centres dans les ganglions du grand sympathique ne peut faire de doute.

Aux variations de calibre des vaisseaux amenées par les vaso-moteurs correspondent deux ordres de phénomènes principaux : des variations de température et des variations de pression sanguine.

Les variations de température marchent parallèlement avec les va-

riations de calibre. La paralysie des parties ; l'excitation de ce sement de température. Cette action, r comme directe (nerfs *calorifiques*), n'es tation artérielle amène dans la régio guin plus considérable ; ce sang, qui renouvelle très-vite, est à la températu de la circulation empêche son refroidiss ment de la partie à laquelle il se dis des vaso-moteurs, la température est- parties qui, comme l'oreille, sont, à ca grande étendue, les plus soumises aux

La *pression sanguine* dépend, à qu des vaisseaux ; quand ce calibre augme mente quand ce calibre diminue. La se les vaso-moteurs de presque toutes par conséquent baisser la pression de pression est d'autant plus marqué que rapprochée de la moelle allongée, puis plus grand nombre de fibres vaso-motr tion. Pour avoir le phénomène dans toi fluences accessoires, il faut employer c quels on pratique la respiration artificiel l'expérience, la section des pneumog L'excitation de la moelle produit au tension. Les centres vaso-moteurs sym la pression sanguine ; mais l'action, à c ces centres, est plus localisée, et des difficiles à déterminer viennent obscu que, après la section du sympathique a tation de pression (Vulpian).

Les variations de pression produites j vaso-moteurs ne se bornent pas toujou par le centre vaso-moteur qui entre s'étendre à d'autres régions et quelqu toire, quand le centre vaso-moteur agit vasculaire. Tel est le cas des nerfs masse des viscères abdominaux, dont et si dilatables. Si l'on fait la section d dans les artères de l'abdomen par suite ces artères ; une dérivation aussi consid une forte déplétion du reste de l'apparei nution de pression dans la carotide, e presque aussi marquée qu'après la se

Le bout périphérique des nerfs splanchniques produit au contraire une augmentation considérable de pression.

A l'état physiologique, les centres vaso-moteurs paraissent être en état continu d'activité, de sorte que les vaisseaux sont toujours en état de demi-contraction permanente; c'est ce qu'on a appelé *tonus vasculaire* (Vulpian). Goltz a montré que ce tonus vasculaire suffit pour faire progresser le sang dans les vaisseaux pendant un certain temps, quand le cœur a été soustrait par une ligature au système vasculaire.

Les centres nerveux vaso-moteurs, tant médullaires que sympathiques, peuvent être excités de deux façons : 1° par des états particuliers du sang (excitation vaso-motrice directe; 2° par des excitations partant de nerfs sensitifs (excitation vaso-motrice réflexe).

Le sang veineux agit comme excitant sur les centres vaso-moteurs, spécialement sur les centres médullaires; cet effet paraît dû à la présence de l'acide carbonique (Traube). L'interruption de la respiration mène une contraction de toutes les petites artères; si on adapte une canule à la trachée d'un animal, au moment où l'on ferme la canule, on voit pâlir tous les vaisseaux de l'intestin; la respiration de l'hydrogène ou de tout autre gaz irrespirable produit le même effet. D'après Nawachin, l'anémie (interruption de l'abord du sang) serait suivie du même résultat, de sorte qu'il peut y avoir du doute pour savoir s'il faut rattacher l'excitation du centre vaso-moteur à l'excès d'acide carbonique ou à l'absence d'oxygène. Le curare n'a pas une action très-tranchée sur les centres vaso-moteurs; cependant il les affaiblit un peu, sans les paralyser; les membranes sont plus rouges, le nez et les membres sont chauds; on a donc là un bon moyen dans les nerfs mixtes d'isoler les actions vaso-motrices.

Le point de départ des *réflexes vaso-moteurs* peut se trouver tantôt dans des nerfs sensitifs rachidiens, tantôt dans des nerfs sympathiques, tantôt dans les centres nerveux eux-mêmes (émotions).

L'excitation des nerfs sensitifs produit tantôt un rétrécissement, tantôt une dilatation des petites artères, et, dans ce dernier cas, il est difficile de préciser si la dilatation doit être attribuée à une paralysie réflexe des vaisseaux ou à une excitation directe des vaso-dilatateurs (voir plus loin). Ce qui complique le phénomène, c'est que l'excitation du nerf sensitif peut agir à la fois et sur les centres médullaires et sur les sympathiques, et que les effets peuvent être différents. Cette action des nerfs sensitifs se traduit souvent par un rétrécissement; ce rétrécissement, quelquefois très-fugace et suivi d'une dilatation, surtout pour les réflexes partiels, n'est pas dû uniquement à la douleur, car il se produit encore sur les animaux narcotisés ou après l'extirpation du cerveau. Cependant, d'après Cyon, l'extirpation du cerveau empêche l'action vaso-motrice réflexe et ne laisse place qu'à la paralysie réflexe;

mais ces résultats n'ont pas été confirmés par la plupart des physiologistes. Une expérience de Tholozan et Brown-Sequard donne un exemple chez l'homme de contraction vaso-motrice réflexe : si on maintient une main dans de l'eau très-froide, l'autre main se refroidit au bout de quelque temps ; il est vrai que, d'après Vulpian, l'expérience est difficile de donner des résultats constants.

Pour le grand sympathique, il en est de même ; si on excite le bout central des nerfs splanchniques ou le bout supérieur du grand sympathique, on obtient un rétrécissement des artères et une augmentation de pression sanguine.

Mais l'action des nerfs sensitifs se traduit très-souvent, le plus souvent peut-être, non par un rétrécissement, mais par une dilatation réflexe. A ce point de vue, le plus important est le *nerf dépresseur* de Cyon. On avait déjà observé que l'excitation du bout central du pneumogastrique produisait dans certains cas une diminution de pression. Cyon le premier, en 1866, découvrit chez le lapin un nerf naissant de deux racines du laryngé supérieur et du tronc du pneumogastrique, allant au ganglion cervical inférieur ; l'excitation du bout central de ce nerf produit une diminution de pression dans le système artériel, une diminution de fréquence du pouls, l'excitation du bout périphérique est sans action. Ces deux phénomènes, diminution de pression artérielle, diminution de fréquence du pouls, ne sont pas sous la dépendance immédiate l'un de l'autre, car si, avant l'excitation du nerf dépresseur, on sectionne le pneumogastrique, la diminution de pression se produit toujours, tandis que le pouls ne change pas. Le résultat produit, que l'animal soit ou non curarisé. Le nerf dépresseur agit directement sur les centres vaso-moteurs et non par l'intermédiaire du cœur ; en effet, on peut détruire toutes les connexions du cœur avec la moelle et le cerveau, sans empêcher la dépression de se produire par l'excitation du nerf, la section des splanchniques ne l'empêche non plus et ne fait que la diminuer.

D'après Stilling, le nerf dépresseur n'agit pas sur tous les centres vaso-moteurs du corps, mais seulement sur ceux de l'abdomen et des extrémités inférieures ; en effet, après la compression de l'aorte au-dessous du diaphragme, la section des splanchniques ou la section de la moelle à la hauteur de la troisième vertèbre dorsale, l'excitation du nerf dépresseur ne produit presque plus de diminution de pression dans la carotide. Chez la plupart des autres espèces animales, le nerf dépresseur est confondu, soit avec le pneumogastrique, soit avec le grand sympathique. Quant à l'action intime du nerf dépresseur, il est difficile de dire s'il agit en paralysant les centres vaso-constricteurs ou au contraire en excitant les centres vaso-dilatateurs. Ce qui est certain est qu'il faut les admettre. Quel que soit son mode d'action, grâce au nerf dépresseur, il y a une

complète et un balancement perpétuel entre la circulation centrale et la circulation périphérique ; dès que, par suite de l'excitation des centres vaso-moteurs, la constriction des artères périphériques a fait monter la pression sanguine au delà d'une certaine quantité, cette pression sanguine, transmise au cœur, amène une distension des parois cardiaques qui excite le nerf dépressur ; il s'ensuit alors une dilatation des artères qui diminue la pression cardiaque et dégage le cœur aux dépens de la périphérie.

Quant à l'influence des émotions sur les vaso-moteurs, il suffira de la mentionner ; tout le monde sait combien les influences morales, comme la honte, la colère, la peur, etc., agissent sur la coloration et la vascularité de certains organes et de certaines régions.

2° *Nerfs vaso-dilatateurs.*

Cl. Bernard avait remarqué que l'électrisation du nerf tympanico-lingual et de la corde du tympan produisait une dilatation des vaisseaux de la glande sous-maxillaire. Schiff, se basant sur cette expérience et surtout sur le mécanisme de l'érection, admit des nerfs agissant directement sur les vaisseaux pour les dilater et reconnut par conséquent deux espèces de dilatation vasculaire, une dilatation névro-paralytique, par paralysie des vaso-moteurs ordinaires, une dilatation active, par excitation des nerfs vaso-dilatateurs. L'existence des nerfs vaso-dilatateurs se base surtout sur les propriétés de la corde du tympan et sur le mécanisme de l'érection.

La galvanisation de la corde du tympan est suivie d'une dilatation des vaisseaux de la glande sous-maxillaire et de ceux de la moitié correspondante de la partie antérieure de la langue (Vulpian) ; l'excitation du lingual produit le même effet ; mais si on sectionne la corde du tympan et qu'on attende quinze jours pour laisser aux fibres de la corde contenues dans le lingual le temps de dégénérer, l'électrisation du lingual ne produit plus rien ; la corde du tympan serait donc le nerf vaso-dilatateur de la langue. Vulpian a prouvé récemment que le glossopharyngien a le même effet sur les vaisseaux de la base de la langue.

L'électrisation des nerfs érecteurs qui proviennent du plexus sacré produit l'érection chez le chien (Eckhard, Loven) ; les mailles du tissu caverneux se remplissent de sang et si on fait une plaie aux corps caverneux, le sang coule abondamment et ce sang est rutilant au lieu d'être noir. Cette dilatation des mailles n'est pas due à un rétrécissement des veines efférentes, car la ligature des veines ne produit pas l'érection ; seulement, après cette ligature, si on électrise le nerf érecteur, l'érection est plus forte. On a encore invoqué d'autres faits, mais

moins positifs, pour prouver la dilatation vasculaire par action nerveuse directe : ainsi Schiff admet un nerf auriculaire dilatateur dans l'oreille du lapin ; l'anastomose du nerf auriculo-temporal avec le facial agit sur la même action d'après Cl. Bernard ; le même physiologiste a vu la dilatation des vaisseaux du rein par l'excitation des branches terminales du pneumogastrique.

De quelle façon expliquer ces phénomènes ? Deux théories sont en présence, la dilatation active de Schiff et la dilatation passive.

La *dilatation active* de Schiff est peu compréhensible au point de vue anatomique. Schiff, il est vrai, ne cherche pas à expliquer le mécanisme de cette dilatation active, il croit seulement qu'elle existe, et les raisons qu'il donne pour la distinguer de la dilatation névro-paralytique ne me paraissent pas concluantes.

La *dilatation passive* est admise, au contraire, par la plupart des physiologistes ; mais les opinions diffèrent sur ses causes et son mécanisme. On a admis une constriction des veines, mais cette constriction n'existe pas ; au contraire très-souvent, comme dans la glande maxillaire, par exemple les veines sont dilatées, cependant dans certains cas, comme dans l'érection, la constriction veineuse favorise la dilatation passive, en amont des veines. Brown-Sequard et Vulpian en avaient cherché l'explication dans une sorte d'attraction du sang par les tissus (*vis a fronte* de Carpenter), attraction qui ferait affluer le sang dans les artères. Vulpian avait vu qu'en déposant sur l'oreille d'un poulet (tout à fait dépourvue de nerfs de l'embryon de poulet une feuille de nicotine, il se formait une congestion intense. L'afflux sanguin de la glande sous-maxillaire sous l'influence de l'excitation de la corde du tympan, drait alors à l'action de ce nerf sur les éléments sécréteurs de la glande. Mais Heidenhain a montré l'indépendance des deux actions nerveuse et vasculaire, en électrisant la corde du tympan sur un chien asphyxié par l'atropine, il n'y a plus de sécrétion et l'action vasculaire persiste.

Vulpian, Cl. Bernard, Rouget admettent, avec quelques variantes, l'explication, une action analogue à celle du pneumogastrique sur le cœur, une action nerveuse d'arrêt sur les nerfs constricteurs, cessation d'action des muscles lisses des artères. Les ganglions situés sur le trajet des nerfs érecteurs, sur les terminaisons du nerf du tympan joueraient dans ce cas le rôle de ganglions vaso-dilatateurs ou d'arrêt, de même que les ganglions du cœur auxquels se joignent les rameaux du pneumogastrique (Rouget). L'action vaso-dilatatrice se réduirait en somme à une paralysie des vaso-constricteurs. On a objecté, il est vrai, que la congestion produite par l'excitation des vaso-dilatateurs est plus forte que celle produite par la section des vaso-constricteurs ; mais, comme le fait observer Vulpian, dans le premier cas (électrisation des vaso-dilatateurs) on paralyse tous les

constricteurs de la région, tandis que dans le second cas (section des vaso-moteurs) la paralysie ne peut jamais être complète, car il reste toujours dans l'organe même des ganglions qui maintiennent un certain degré de constriction vasculaire.

Goltz a tout récemment cherché à généraliser les actions vaso-dilatatrices, et s'appuie pour cela sur les faits suivants. On a vu qu'après la section du nerf sciatique la température du membre paralysé s'élève, et cette élévation de température est attribuée à la dilatation paralytique des vaisseaux par suite de la section des vaso-moteurs contenus dans le sciatique; mais on a fait moins attention à ce fait que cette augmentation de température n'est que passagère; quelques jours après, la différence de température du membre sain et du membre paralysé diminue, et, au bout de quelques semaines, la jambe paralysée peut être plus froide que l'autre. Cet équilibre de température a lieu à une époque (dix jours quelquefois) où il ne peut y avoir encore de régénération nerveuse; du reste, la section d'un segment du nerf, qui empêcherait la transmission nerveuse, n'empêche pas l'équilibre de s'établir. Si, sur un chien dont le nerf sciatique a déjà été coupé et chez lequel l'équilibre de température des deux membres est à peu près établi, on sectionne la moelle en travers à la partie supérieure de la région lombaire, on constate que la température s'abaisse du côté où le sciatique était déjà coupé et qu'elle s'élève de l'autre côté. Au bout de quelque temps, l'équilibre de température s'établit de nouveau; si alors on détruit complètement la moelle lombaire, on voit la température augmenter encore une fois dans le membre dont le nerf sciatique est intact, tandis que l'autre reste froid (¹). Si sur un chien dont la moelle lombaire a été incisée on coupe un des nerfs sciatiques, la patte du côté opéré augmente de température.

Tous ces faits prouvent que non-seulement la section de la moelle ou l'un nerf sciatique est suivie de la dilatation des vaisseaux dans toutes les parties qui sont en rapport d'innervation avec le nerf coupé, mais que la dilatation vasculaire qui suit la section nerveuse est d'autant plus prononcée que la section est plus récente; ainsi, si on pratique plusieurs sections nerveuses successives sur un animal, les parties qui

(¹) La série d'expériences suivantes est encore plus instructive: on coupe sur un chien le sciatique *droit*; quelques jours après on coupe la moelle en travers; au bout de quatre jours la température de la patte *droite* est de 32°, celle de la patte *gauche* de 38°; on coupe alors le sciatique *gauche* et quelques minutes après on trouve la température de la patte *droite* de 24°, celle de la *gauche* de 39°; il y a donc entre les deux pattes une différence de 15°, et cependant elles se trouvent toutes les deux dans les mêmes conditions d'innervation (section de la moelle, section du sciatique), avec cette seule différence que la section du sciatique est plus récente sur le membre *gauche*, qui est le plus chaud.

En résumé, les vaisseaux, de même que le cœur, auraient deux sortes de nerfs : 1° des nerfs moteurs, vaso-moteurs proprement dits ou vaso-stricteurs, comparables aux fibres cardiaques accélératrices du grand sympathique et de la moelle ; 2° des nerfs d'arrêt, vaso-dilatateurs, comparables au pneumogastrique. L'excitation vaso-motrice est continue, tandis que l'excitation vaso-dilatatrice est temporaire et ne survient que qu'à certains moments et sous certaines influences. Seulement, les alternatives de contraction et de dilatation des vaisseaux ne sont régulières et rythmiques comme celles du cœur, ou du moins elles ne le sont que tout à fait exceptionnellement. (Voir : *Contractilité érielle*.)

L'origine des vaso-dilatateurs paraît se faire aussi dans la moelle ; les fibres marcheraient dans les faisceaux postérieurs (racines postérieures), s'il faut s'en rapporter à une expérience de Vulpian qui a vu la piqûre d'un des faisceaux postérieurs amener l'échauffement du membre postérieur du côté lésé.

Bibliographie. — G. RÖVER : *Kritische und experimentelle Untersuchung des Nerveneinflusses auf die Erweiterung und Verengung der Blutgefäße*, 1869. — H. LUDWIG : *Des Nerfs vaso-moteurs*, 1873. — VULPIAN : *Leçons sur l'appareil vaso-moteur*, 1875. — FR. GOLTZ et A. FREUSBERG : *Ueber gefässerweiternde Nerven*. (Arch. de Pflüger, t. IX.) Voir aussi la bibliographie générale de l'innervation.

4° NERFS GLANDULAIRES.

Y a-t-il, indépendamment de l'action indirecte des nerfs vaso-moteurs sur les glandes, une action directe des nerfs sur ces organes ? Y a-t-il des nerfs glandulaires spéciaux ? La question doit être résolue par l'affirmative.

Pflüger a décrit la terminaison des nerfs dans les cellules glandulaires ; mais la disposition anatomique qu'il figure est loin d'être admise par tous les histologistes et l'on ne peut que se rapporter à l'expérimentation physiologique. Or, les expériences de Ludwig et d'autres physiologistes ont donné des résultats décisifs. L'excitation du facial, de la corde du tympan, du nerf auriculo-temporal du sympathique, produit la sécrétion salivaire, celle du nerf lacrymal la sécrétion de la glande du même nom ; la galvanisation du grand sympathique cervical produit la salivation dans les glandes sous-maxillaires et sublinguales. Mais jusqu'ici les glandes salivaires et lacrymales sont à peu près les seules sur lesquelles l'expérimentation ait démontré l'action directe des nerfs sur la sécrétion, et avant de pouvoir généraliser le fait, il faut que les observations soient plus nombreuses et embrassent plus d'organes. Pour les glandes qui reçoivent plusieurs nerfs, comme la glande

sous-maxillaire, la sécrétion varie de qualité et de quantité suivant le nerf qui est excité. (Voir : *Sécrétion salivaire*.)

Des phénomènes plus difficiles à expliquer sont ceux qui se produisent après la section des nerfs qui se rendent aux glandes. Dans beaucoup de cas, cette section, au lieu d'être suivie d'un arrêt de la sécrétion, est suivie d'une sécrétion plus abondante et même continue. La parotide et la glande sous-maxillaire continuent à sécréter après la section de tous leurs nerfs; il en est de même de la glande acrynale. A. Moreau enerve une anse d'intestin, et voit cette anse se remplir de liquide, tandis que les anses dont les nerfs sont intacts restent vides; il est vrai que dans ce cas on a plutôt une transsudation de plasma sanguin qu'une véritable sécrétion. Cl. Bernard a vu la quantité de sueur augmenter après la section des splanchniques; après la section du sympathique au cou chez le cheval, la sueur coule abondamment du côté opéré. Une partie de ces faits peut certainement s'expliquer par une paralysie vaso-motrice, mais il en est d'autres dans lesquels cette influence n'est pas évidente, et l'on est bien obligé d'admettre une sécrétion par cessation d'action nerveuse ou, comme on l'a appelée, *sécrétion paralytique*.

Il semblerait, d'après ces faits, que les nerfs peuvent agir de deux façons sur les glandes et que celles-ci possèderaient deux sortes de nerfs antagonistes : 1° des nerfs excitateurs de la sécrétion, 2° des nerfs d'arrêt, suspendant ou diminuant la sécrétion. Il y aurait donc dans ces cas deux espèces de sécrétions, une sécrétion active par excitation des nerfs excitateurs ou sécréteurs, une sécrétion paralytique, par cessation d'action des nerfs d'arrêt.

Ce qui rend la question très-obscur et fait qu'on ne peut arriver que très-difficilement à des résultats précis, c'est que la part de la sécrétion et de l'excrétion du liquide sécrété n'est pas faite d'une façon satisfaisante. Certaines recherches tendraient à faire croire que l'influence des nerfs sur ces deux actes n'est pas la même. Cependant, dans ses recherches sur les glandes cutanées de la grenouille, il a vu que l'excitation des nerfs ischiatiques qui excitent l'excrétion des glandes et produisent l'expulsion de leur contenu, exerce au contraire une action d'arrêt sur la sécrétion même de ces glandes.

Quant aux centres nerveux glandulaires, leur localisation n'a pas été faite avec précision. D'après Cl. Bernard, le ganglion sous-maxillaire serait un centre pour la salivation sous-maxillaire. D'autres par des excitations ou des destructions des centres nerveux peuvent produire soit des diminutions, soit des augmentations de sécrétion, la section de la moelle à la partie inférieure du cou est suivie d'un arrêt de la sécrétion urinaire (Eckhard), d'après Litchelm, la tétanisation de la moelle diminue la quantité de bile, et Heidenhain a constaté cette influence de la moelle sur la sécrétion biliaire. Ces fibres glandulaires peuvent

être suivies plus loin; la piqure du plancher du quatrième ventricule produit la polyurie (Eckhard), et j'ai vu moi-même sur le lapin une salivation abondante par la cautérisation électrolytique de la base du cerveau dans la région du troisième ventricule.

Action réflexe des nerfs sur les sécrétions. — Cette action est plus nette et plus connue que l'action directe. Sans entrer dans les détails qui ont été étudiés pour chaque sécrétion en particulier, je me contenterai de dire que l'excitation initiale, point de départ de la sécrétion réflexe, peut partir soit d'un nerf périphérique, comme quand l'excitation de la deuxième branche du trijumeau produit la sécrétion lacrymale, soit des centres nerveux eux-mêmes, comme dans les larmes qui accompagnent certaines émotions. Du reste, cette excitation excito-réflexe des nerfs peut agir soit sur les nerfs sécréteurs, soit sur les nerfs d'arrêt, et on peut avoir, suivant les cas, une augmentation ou un arrêt de la sécrétion. Les faits d'arrêt de sécrétion partant des centres nerveux ne sont pas rares; il suffit de citer la sécheresse de la bouche qui se montre dans certains états moraux; quant aux arrêts de sécrétion réflexes, ils sont moins connus; cependant on en a observé quelques cas; ainsi Bernstein a vu l'arrêt de la sécrétion pancréatique par l'excitation du bout central du pneumogastrique.

5° NERFS TROPHIQUES.

La question des nerfs trophiques est aussi obscure au moins et aussi controversée que celle des nerfs glandulaires. Y a-t-il, en dehors des nerfs vaso-moteurs, des nerfs spéciaux agissant directement sur la nutrition des tissus? Samuel a cherché à le démontrer; mais la difficulté de la démonstration est très-grande, car dans la plupart des expériences, en même temps qu'on agit sur les nerfs trophiques dont on veut démontrer l'existence, on agit aussi sur les nerfs vaso-moteurs, et les phénomènes observés peuvent être attribués à ces derniers. Ce qui le ferait croire, c'est que, dans beaucoup de cas, après la section des nerfs d'une partie, on observe un accroissement plus intense, au lieu d'une atrophie à laquelle on pouvait s'attendre, de sorte qu'on est en droit de rapporter cet accroissement à un afflux sanguin plus considérable par section des vaso-moteurs. Ainsi Adelman a vu la lésion du nerf tibial chez le cheval être suivie d'un accroissement du sabot. L'œdème observé par Ranvier après la section du nerf ischiatique peut entrer aussi dans la même catégorie de faits. Il en est d'autres cependant qui sont plus difficiles à expliquer; ainsi Nélaton a constaté l'atrophie du testicule à la suite de la section du nerf spermatique; Bolentky fait chez le chien et le lapin la résection des nerfs du cordon; au bout de deux à trois semaines, le testicule était atrophié, et,

quatre mois après, il avait subi la dégénérescence graisseuse. Les altérations de la cornée après la section intra-crânienne du trijumeau sont de même explicables par une influence vaso-motrice. Les altérations de nutrition circonscrites à la suite de maladies des nerfs de la partie (paralysies, etc.), sont aujourd'hui communs dans la science; la localisation de ces altérations parle plutôt en faveur d'une action nerveuse que d'une influence vasculaire. exemple dans le zona, les altérations de nutrition ont été souvent produites expérimentalement. Laborde et Leven, après la section de l'ischiatique chez le lapin cabiai, ont constaté la pâleur et la sécheresse de la peau des extrémités, la chute des cheveux et des ongles, des hémorrhagies, la nécrose des phalanges, etc.

L'influence des nerfs et en particulier du sympathique sur l'hématose n'est pas douteuse. Brown-Sequard a remarqué que la cicatrisation des plaies se faisait plus vite du côté où le sympathique était coupé. Snellen, ayant placé une perle de verre dans chacune des oreilles d'un lapin, et sectionné le grand sympathique d'un côté, trouva que du côté lésé les tissus étaient cicatrisés autour de la perle, tandis que, du côté sain, il s'était formé un abcès.

Dans ces cas, lorsque l'action nerveuse ne s'exerce pas par l'intermédiaire des vaisseaux et par les nerfs vaso-moteurs, elle paraît agir surtout sur les tissus épithéliaux, ordinairement, en effet, c'est l'épiderme que débute les altérations, et les lésions consécutives, ulcérations, etc., peuvent s'expliquer par cette altération épidermique primitive.

Goltz a cherché à démontrer que les centres nerveux exercent une influence directe sur l'absorption; mais d'après les recherches de Bernstein, Houbel cette influence ne serait autre chose qu'une action purement vaso-motrice.

6° GRAND SYMPATHIQUE.

Procédés. — 1° *Section du grand sympathique au cou.* Même procédé que pour la section du pneumogastrique, au côté interne où il se trouve; chez le chien, les deux nerfs sont dans la même gaine. — 2° *Extirpation du ganglion cervical supérieur.* On suit le trijumeau en haut, et après avoir sectionné le stylo-hyoldien on arrive par le même nerf qu'on extirpe ou qu'on arrache. — 3° *Extirpation du ganglion cervical inférieur.* On suit le pneumogastrique en bas jusqu'à l'artère sous-clavière, il est placé à gauche, en arrière de l'embouchure du canal transverse, dans la veine sous-clavière gauche, il répond, chez le chien, au ganglion moyen de l'homme; le ganglion cervical inférieur de l'homme correspond au premier ganglion thoracique du lapin. — 4° *Extirpation*

du premier ganglion thoracique. Carville et Bochefontaine ont donné un procédé pour son extirpation (voir : Bulletin de la Société de biologie). — 5° *Destruction du plexus cardiaque par la galvanocaustique* (Ludwig et Thiry). — 6° *Mise à nu du sympathique abdominal.* Ouverture de la cavité abdominale; le gauche est le plus accessible. — 7° *Section du nerf splanchnique gauche.* Ouverture de la cavité abdominale; il longe l'aorte abdominale; le droit est caché par la capsule surrénale droite et beaucoup plus difficile à découvrir. — 8° *Extirpation du plexus coeliaque et des ganglions semi-lunaires.* Même procédé. — 9° *Extirpation du plexus rénal.* Il marche entre l'artère et la veine rénale.

La physiologie du grand sympathique se confond en grande partie avec celle des nerfs qui ont été étudiés jusqu'ici et en particulier avec celle des nerfs vasculaires. Il ne constitue pas à proprement parler un système à part, comme on l'a cru pendant un certain temps; cependant il a, grâce à de nombreux ganglions, une certaine indépendance, de façon que ses fibres peuvent être divisées en deux catégories, celles qui prennent leur origine dans les centres nerveux et celles qui naissent dans les ganglions du sympathique. Seulement il est, la plupart du temps, impossible d'isoler, anatomiquement et physiologiquement, ces deux espèces de fibres et de faire la part de ce qui revient aux centres nerveux ou au grand sympathique.

Quoi qu'il en soit, le grand sympathique préside spécialement par ses fibres sensitives, motrices et peut-être glandulaires et trophiques, à la plupart des actes de la vie organique et végétative, et il semble n'avoir aucun rapport avec les actions volontaires. C'est ainsi que ses fibres sensitives partent en général des muqueuses et des organes viscéraux et que ses fibres motrices vont surtout, sinon exclusivement, aux fibres lisses de ces organes et des vaisseaux. Ce qui a été dit plus haut de l'innervation du cœur et de l'innervation vaso-motrice, des nerfs glandulaires et des nerfs trophiques, s'applique donc en partie au grand sympathique et me permettra d'abréger la physiologie de ce nerf.

Les ganglions du grand sympathique peuvent se diviser en ganglions centraux et ganglions périphériques. Les ganglions centraux sont situés, soit sur le trajet même du cordon du sympathique, soit sur le trajet des plexus que fournit le nerf (ganglions du plexus cardiaque, ganglions semi-lunaires du plexus coeliaque, etc.). Les ganglions périphériques se trouvent dans le

tissu même des organes; tels sont les ganglions microscopiques du cœur, ceux qu'on trouve dans les tuniques de l'intestin ou dans le tissu de l'utérus. Tous ces organes paraissent être le siège d'actions réflexes, de façon que l'arc réflexe aura une étendue variable, suivant que le centre réflexe se trouvera aux ganglions périphériques, aux ganglions centraux ou dans les centres nerveux cérébro-spinaux.

A. SYMPATHIQUE CERVICAL. — Il contient :

1° Des fibres vaso-motrices qui se rendent à la moitié correspondante de la tête; l'origine de ces fibres paraît se faire surtout dans la moelle cervicale (voir page 962); le ganglion cervical inférieur et le premier thoracique fournissent les vaso-moteurs du membre supérieur;

2° Des fibres accélératrices pour le cœur (voir : *Innervation du cœur*);

3° Des fibres qui vont au muscle dilatateur de la pupille (page 798);

4° Des fibres sécrétoires pour les glandes salivaires (page 475) et la glande lacrymale (page 461);

5° Des fibres pour le muscle lisse orbitaire;

6° Des fibres centripètes qui excitent le centre d'arrêt du cœur.

7° Des fibres centripètes qui excitent les centres vaso-moteurs.

B. SYMPATHIQUE THORACIQUE. — Les plus importants des nerfs de cette partie du cordon du sympathique sont les nerfs splanchniques. Ils contiennent:

1° Les fibres vaso-motrices des vaisseaux des organes abdominaux;

2° Des fibres d'arrêt pour le mouvement de l'intestin;

3° Des fibres d'arrêt pour la sécrétion rénale; Cl. Bernard a vu, après leur section, une augmentation de la sécrétion urinaire;

4° Des fibres dont l'excitation produit l'apparition du sang dans l'urine;

5° Des fibres centripètes dont l'excitation produit l'arrêt du cœur;

6° Des fibres centripètes dont l'excitation produit un retrecissement des artères.

C. SYMPATHIQUE ABDOMINAL. — Sa distribution est fort peu connue; on sait seulement qu'il fournit les vaso-moteurs du bassin et des membres inférieurs.

Leur richesse en nerfs a fait rattacher les *capsules surrénales* au système du grand sympathique; mais on ne sait en réalité rien sur leurs fonctions. D'après Brown-Sequard, elles seraient en rapport avec la production de pigment.

3. — PHYSIOLOGIE DES CENTRES NERVEUX.

1° PHYSIOLOGIE DE LA MOELLE ÉPINIÈRE.

Procédés. — *Section de la moelle.* — L'animal est attaché solidement, et endormi par l'éther ou les injections de chloral; la colonne vertébrale est mise à nu par l'ablation des muscles spinaux et on enlève avec la scie les arcs vertébraux de façon à pouvoir agir sur la moelle et sur les racines des nerfs. L'écoulement de sang est en général assez abondant et amène un épuisement profond de l'animal. On peut faire, pour le diminuer, la compression ou la ligature temporaire de la crosse de l'aorte à gauche de l'origine de la sous-clavière gauche (lapin). (Voir aussi : *Encéphale*.)

La moelle épinière peut être envisagée à deux points de vue, comme organe de transmission et comme agglomération de centres nerveux; mais avant de l'étudier à ces deux points de vue, il est nécessaire d'examiner l'excitabilité de ses différentes parties.

a. — De l'excitabilité de la moelle épinière.

Procédés. — Pour étudier l'excitabilité de la moelle, il est nécessaire de pouvoir localiser l'excitation sur des points circonscrits et déterminés; aussi, d'une façon générale, les résultats ne peuvent être certains que quand on se sert d'aiguilles fines avec lesquelles on pique ou on gratte la substance médullaire; les courants électriques, même quand ils sont très-faibles, ne présentent pas une localisation assez précise et diffusent toujours plus ou moins au delà du point d'application des électrodes. L'excitabilité de la moelle s'apprécie ordinairement soit par des mouvements (volontaires ou réflexes), soit par des signes (sursauts, mouvements) indiquant que l'animal éprouve de la douleur; mais comme ces manifestations sont souvent incertaines et difficilement appréciables, on a cherché d'autres moyens d'apprécier la sensibilité de la partie excitée. Dittmar, Miescher et d'autres physiologistes l'ont ap-

précisée par les variations que subit la pression sanguine prise avec le manomètre introduit dans une artère; ils ont vu l'excitation des parties sensibles se traduire par une augmentation de pression. D'autres auteurs, Schiff en particulier, ont pris comme reactif de la sensibilité le diamètre de la pupille (dilatation pupillaire).

Les physiologistes sont loin d'être d'accord sur l'excitabilité des diverses parties de la moelle. Pour la substance grise, l'accord est à peu près complet, et sauf Aladoff et Lyon, tous croient qu'elle est absolument inexcitable. Mais pour la substance blanche il n'en est plus de même, et ils se partagent en deux camps: les uns, comme van Deen, Chauveau, etc., croient qu'elle est inexcitable et que son excitabilité apparente lui vient des racines rachidiennes qui la traversent, les autres, comme Vulpian, Fick, etc., croient qu'elle a une excitabilité propre indépendante de ces racines.

L'excitabilité des cordons postérieurs se traduirait, d'après Vulpian, par des mouvements dus à la douleur et par des mouvements réflexes. Pour Brown-Sequard, leur excitation ne déterminerait que des mouvements réflexes. Van Deen avait au contraire trouvé la moelle de la grenouille complètement insensible à tous les excitants. Chauveau expérimentant sur de grands animaux, ce qui permettait de localiser l'excitation d'une façon très-précise, est arrivé à peu près aux mêmes conclusions que van Deen. Cependant Glanuzzi a trouvé les cordons postérieurs excitables après la section des racines postérieures et la dénégation consécutive de leur bout central. Dittmar a constaté une augmentation de pression par l'excitation des cordons postérieurs. Schiff, Fick, Engelken admettent aussi l'excitabilité de ces cordons.

Les mêmes contradictions existent pour les cordons antérieurs. Van Deen, Huizinga, Aladoff, Chauveau, les considèrent comme totalement inexcitables. Cl. Bernard leur attribue, sauf pour les cordons latéraux, la sensibilité récurrente et la fait provenir des racines antérieures. D'après Fick, Engelken, Vulpian, leur excitation, pourvu qu'elle soit assez forte, déterminerait des mouvements moins intenses que l'excitation directe des racines antérieures. Si on sectionne les racines antérieures et postérieures de la moelle dans une étendue de 10 centimètres, et qu'on enlève ensuite les faisceaux postérieurs et latéraux sur la même étendue, l'excitation des cordons antérieurs détermine des contractions dans les muscles du train postérieur. Vulpian n'a pas vu d'augmentation de pression par l'excitation des cordons antérieurs; il en a vu une légère par celle des cordons latéraux.

b. — De la moelle comme organe de transmission.

La transmission de la sensibilité et de la motilité dans la moelle ne se fait pas tout à fait de la même façon que dans les nerfs sensitifs et moteurs; une première différence, c'est que les parties de la moelle (et des autres centres nerveux) qui conduisent la sensibilité ou le mouvement peuvent n'être ni sensibles ni excitables. En second lieu, c'est que très-probablement la transmission d'un lieu déterminé à un autre ne se fait pas nécessairement par une voie unique, mais peut se faire par plusieurs voies qui paraissent même pouvoir se suppléer dans certains cas.

1° *De la transmission de la sensibilité dans la moelle.*

D'après Magendie, Ch. Bell et surtout Longet, les cordons postérieurs seraient les conducteurs de la sensibilité dans la moelle; mais les expériences de Schiff, Brown-Sequard, etc., ont montré que cette opinion ne s'accordait pas avec les faits et que la transmission sensitive se faisait principalement par la substance grise de la moelle.

Les expériences essentielles sur lesquelles s'appuie cette opinion sont les suivantes :

1° La section transversale complète des cordons postérieurs (Bellingeri, Brown-Sequard) n'abolit pas la sensibilité dans les régions de la peau qui reçoivent leurs nerfs des parties de la moelle situées au-dessous de la section. Seulement les mouvements coordonnés ne se font plus aussi bien (probablement par diminution de la sensibilité musculaire). Après la section des cordons postérieurs, Brown-Sequard a observé même une hypéresthésie de la peau (voir plus loin) et a constaté que la surface de la coupe du segment inférieur est sensible, phénomène qui s'accorde avec ce fait anatomique que les fibres des racines postérieures se portent d'abord en bas avant de remonter dans la moelle.

2° La section des cordons postérieurs et des cordons antéro-latéraux (avec conservation de la substance grise) n'abolit pas la sensibilité dans les parties situées au-dessous de la section; cette sensibilité est seulement un peu affaiblie et d'autant plus qu'on a moins laissé de substance grise.

3° La section des cordons antéro-latéraux et de la substance grise (van Deen, Brown Sequard), avec conservation des cordons postérieurs, abolit complètement la sensibilité; cependant, d'après Schiff, la sensibilité tactile serait conservée, la sensibilité à la douleur serait seule abolie, ainsi que la sensibilité thermique.

4° La section de la substance grise seule (van Deen, Brown-Sequard) produit le même résultat. Seulement l'opération est trop difficile à exécuter complètement pour qu'on puisse en tirer des conclusions positives.

La transmission des impressions sensibles dans la moelle paraît être en partie croisée; autrement dit, les conducteurs de ces impressions s'entre-croisent sur la ligne médiane (Brown-Sequard). Cependant il paraît y avoir à ce point de vue des différences entre les diverses espèces animales, ainsi, chez les oiseaux (pigeons) l'entre-croisement ne commencerait qu'au-dessus du renflement lombaire, et chez la grenouille il manquerait tout fait (Sestchenow). Du reste, les conclusions de Brown-Sequard sont loin d'être adoptées par tous les physiologistes.

Les expériences sur lesquelles Brown-Sequard s'appuie pour admettre la transmission croisée sont les suivantes :

1° Si on fait une section verticale médiane et antéro-postérieure de la moelle de façon à la séparer dans une certaine étendue en deux parties indépendantes (Galen), on constate de l'anesthésie dans les parties qui reçoivent leurs nerfs de la région de la moelle sur laquelle on a opéré, et l'anesthésie existe des deux côtés.

2° Si on fait une section transversale comprenant une moitié latérale de la moelle, on constate de l'anesthésie du côté opposé à la section et de l'hyperesthésie dans les parties du corps situées du côté de la section. Cette hyperesthésie est assez difficile à expliquer et on peut admettre l'hypothèse de Brown-Sequard qui la considère comme due à une dilatation paralytique des vaisseaux de la moitié coupée de la moelle. Miescher n'a pas observé cette hyperesthésie.

3° Si on fait une section transversale de plus en plus profonde d'une moitié de la moelle (hémisection de la moelle), la sensibilité s'affaiblit de plus en plus du côté opposé à mesure que la coupe est plus profonde, mais elle existe toujours partout, quand la coupe atteint la ligne médiane, la sensibilité disparaît tout à fait du côté opposé.

Cependant certaines expériences s'accordent peu avec une transmission croisée des impressions sensibles. Si on fait une hémisection double de la moelle à des hauteurs différentes, l'une à droite et l'autre à gauche, la sensibilité est conservée des deux côtés (van Deen).

Brown-Sequard admet dans la moelle des conducteurs spéciaux pour

les diverses espèces d'impressions sensitives, et il a cherché à en déterminer le trajet. D'après lui, les impressions tactiles passeraient par les parties antérieures de la substance grise, les impressions de douleur, plus disséminées, par les parties postérieures et latérales, celles de température par les parties grises centrales; tous ces conducteurs s'entre-croiseraient dans la moelle. Les conducteurs de la sensibilité musculaire, au contraire, passeraient par les cornes grises antérieures ou dans leur voisinage et ne seraient pas entre-croisés. Schiff, Danilewsky, etc., font passer les impressions tactiles par les cordons postérieurs, les impressions de température et de douleur suivant la voie de la substance grise. Mais toutes ces assertions ne peuvent être acceptées qu'avec beaucoup de réserve et n'ont pu encore être justifiées expérimentalement. Un seul fait important au point de vue pratique, c'est la persistance de la sensibilité malgré l'existence de lésions profondes de la moelle.

2° De la transmission motrice dans la moelle.

La transmission motrice dans la moelle est mieux connue que la transmission sensitive. Elle se fait par les cordons antéro-latéraux et aussi par la substance grise.

Les expériences qui démontrent ce mode de transmission sont les suivantes :

1° La section des cordons antérieurs et de la substance grise, avec conservation des cordons postérieurs, abolit les mouvements volontaires dans les régions situées au-dessous de la section.

2° La section des cordons antéro-latéraux seuls (van Deen) abolit transitoirement les mouvements volontaires, qui se rétabliraient au bout d'un certain temps. Cette expérience a donné cependant des résultats contradictoires qui s'expliquent par la difficulté de l'opération.

3° La section des cordons postérieurs et de la substance grise, avec conservation des cordons antérieurs, affaiblit les mouvements volontaires, qui reparaissent au bout de quelque temps.

4° On a cherché enfin à sectionner isolément les cordons antérieurs et les cordons latéraux et on a cru voir qu'après la section du cordon latéral les mouvements étaient à peine affaiblis; mais les expériences sont trop délicates pour qu'on puisse y attacher une grande importance.

Les cordons postérieurs paraissent cependant jouer un rôle dans la coordination des mouvements. On observe, en effet, après des sections transversales successives des cordons postérieurs à diverses hauteurs (Todd), des troubles de la coordination qui rappellent les phénomènes de l'*ataxie locomotrice*. Mais là encore l'expérience est trop complexe

postérieures; une racine postérieure est en rapport réflexe avec les racines antérieures correspondantes, et Sanders-Ezn a constaté que certaines régions sensibles correspondent à certains groupes de muscles et que l'excitation de ces régions produit des contractions dans ces muscles. Ainsi, chez la grenouille décapitée, l'excitation d'une patte produit un mouvement d'extension comme si on tirait, l'irritation de l'anus un mouvement des pattes vers le bas, le contact léger de la région dorsale le coassement, etc. Des phénomènes analogues ont été observés chez l'homme, par Goltz et Freusberg, après la section de la moelle cervicale.

Les mouvements réflexes ainsi produits atteignent non-seulement les muscles du squelette, ce qui est le cas le plus fréquent, mais encore les muscles organiques, comme l'iris, les muscles vasculaires, etc.

Les mouvements réflexes ont très-souvent un caractère défensif, et même, dans beaucoup de cas, un caractère remarquable d'adaptation; c'est ainsi qu'une grenouille décapitée nage et se défend, dès qu'une excitation cutanée se produit, et, si on la défait, elle fait des mouvements pour retrouver son équilibre. (Voir : *Chap. I, § 2.*)

D'après Cayrade, qui contredit les lois de Pflüger (page 313), l'excitation réflexe s'irradie dans tous les sens dans la moelle, et la propagation dans le sens longitudinal est aussi facile de bas en haut que de haut en bas.

Sanders et van Lair ont cherché à localiser les centres des différents mouvements réflexes; chez la grenouille, les centres des mouvements des membres antérieurs commencent 1 millimètre en avant de la deuxième racine et occupent une longueur de 3 à 4 millimètres et demi; les centres des mouvements des membres postérieurs iraient de 2 millimètres en avant de la septième racine jusqu'en arrière de l'insertion de la dixième. D'après Sestier, la région de la cinquième cervicale serait surtout importante au point de vue des réflexes.

L'excitabilité réflexe augmente par la décapitation, et d'une façon générale les sections successives de la moelle d'avant en arrière augmentent l'excitabilité des parties situées en arrière de la section (Schiff). Si l'on prend deux grenouilles d'égale force, on décapite l'une, qu'on coupe la moelle lombaire de l'autre, les réflexes sont plus prononcés chez la seconde que chez la pre-

faits observés depuis semblent devoir faire admettre une autre interprétation. Une forte excitation des nerfs sensitifs diminue ou paralyse l'activité réflexe (Lewison); mais cette excitation ne paraît pas agir sur des centres d'arrêt encéphaliques, car le même arrêt des réflexes se produit, comme l'a observé Goltz, par certaines excitations des nerfs sensitifs chez des chiens dont la moelle lombaire a été coupée, et chez lesquels, par conséquent, les excitations sensitives ne pouvaient agir sur les centres modérateurs. Il est vrai que Nothnagel admet des centres d'arrêt dans toute l'étendue de la moelle.

2° Centres d'innervation dans la moelle.

On a pu déterminer d'une façon assez précise l'existence et la situation d'un certain nombre de centres réflexes dans la moelle.

1° *Centre cilio-spinal*. — Budge et Waller ont vu que les nerfs qui animent les fibres radiées de l'iris naissent de la moelle au niveau de la deuxième paire dorsale (entre le sixième nerf cervical et le troisième dorsal), et passent de là dans le sympathique. La galvanisation de cette région de la moelle dilate les deux pupilles, et la dilatation cesse par la section du grand sympathique; l'excitation des racines sensitives aboutissant à cette région de la moelle produit le même effet que l'excitation même de la moelle (Chauveau). Salkowski fait cependant remonter plus haut (dans la moelle allongée) l'origine de ces fibres cilio-spinales.

2° *Centre accélérateur des mouvements du cœur*. (Voir : *Innervation du cœur*.)

3° *Centre respiratoire*. — La moelle contient bien les centres moteurs des muscles respiratoires, mais ces centres sont eux-mêmes sous la dépendance d'un centre respiratoire plus élevé, placé dans le bulbe (voir : *Bulbe*). Ainsi la section de la moelle au-dessus de la huitième paire dorsale paralyse les muscles abdominaux; au-dessus de la première paire dorsale, les intercostaux; au-dessus de la cinquième paire cervicale, le grand dentelé et les pectoraux; enfin la section au-dessus de la quatrième paire cervicale, en paralysant en plus le nerf phrénique, paralyse le diaphragme et abolit tout mouvement respiratoire. Pour Ch. Bell, les cordons latéraux seraient le lieu d'origine des nerfs respiratoires, et Clarke place le centre des nerfs intercostaux et des

ombaire a été coupée, si on place le doigt dans l'anús, on sent les contractions réflexes rythmiques, et ces contractions s'arrêtent par une forte excitation d'un nerf sensitif, comme le pincement du gros orteil (Goltz).

7° Centre des mouvements de la vessie. — D'après Gianuzzi, irritation de la moelle au niveau de la 3° vertèbre lombaire (ou des filets sympathiques vésicaux) amène des contractions lentes du corps et du col de la vessie; celle de la moelle au niveau de la 5° vertèbre lombaire (ou celle des filets venant de la moelle) amène des contractions énergiques et douloureuses des mêmes parties. Pour Goltz, qui se base sur ses expériences sur des chiens avec section de la moelle lombaire, la miction est un acte purement réflexe dont le centre est dans la moelle. Chez ces chiens, en effet, la vessie se vide si on presse la peau du ventre, si on touche le gland ou le prépuce, ou si on chatouille le pourtour de l'anús; la destruction de la moelle lombaire empêche ces réflexes de se produire. Les mouvements de la vessie, observés par Budge, par excitation du cerveau sont des mouvements réflexes.

8° Centres vaso-moteurs. (Voir : *Nerfs vaso-moteurs*).

9° Centres de tonicité musculaire. — Cette question a déjà été traitée page 258; l'expérience de Brondgeest, répétée par divers auteurs, a donné des résultats contradictoires; tandis que certains expérimentateurs, comme Sustschinsky, en confirment les résultats, d'autres, comme Eckhard, Heidenhain, etc., les interprètent autrement; il en est de même de l'excitation continuelle du nerf, suivant Steinmann et Cyon, arriverait aux racines antérieures par les racines postérieures et maintiendrait les muscles en état de tonus permanent.

On attribue encore à la moelle d'autres fonctions, mais qui n'ont pu être localisées dans des centres déterminés. Ces fonctions sont les suivantes :

1° Action psychique de la moelle. — Paton, Pflüger, Auerbach considèrent la moelle comme pouvant être le siège d'une certaine activité psychique, c'est-à-dire de manifestations conscientes. Ces auteurs se basent sur les expériences suivantes :

• Expérience de Pflüger. On place une goutte d'acide sur le bout de la cuisse d'une grenouille décapitée; le membre postérieur se fléchit et va frotter le point irrité; on ampute alors la patte et on recommence à placer une goutte d'acide au même en-

abstiendrais-je de les mentionner. Les expériences directes sont peu nombreuses. Brown-Sequard a vu l'arrêt de la sécrétion biliaire par le pincement de la surface interne de la paroi abdominale chez le chien (dans la région de la première paire lombaire), et le phénomène subsistait après la section transversale de la moelle. Les lésions expérimentales de la moelle provoquent la glycosurie (Schiff). Heidenhain a fait des recherches sur la sécrétion biliaire; l'excitation de la moelle par des courants faibles s'accompagne d'une diminution de la sécrétion biliaire, précédée cependant d'une légère augmentation, et les filets provenant de la moelle marcheraient dans les nerfs splanchniques, car l'excitation de ces nerfs produit le même effet et le phénomène ne se produit plus après leur section. Ces résultats, attribués à Röhrig, ont été confirmés par J. Munk.

5° *Influence de la moelle sur l'absorption.* — Goltz a cherché vainement à démontrer l'influence de la moelle sur l'absorption. Dans ces expériences, confirmées dans leurs traits essentiels par Livost, Reverdin, Heubel et Bernstein, sont susceptibles d'une autre interprétation.

6° *Influence de la moelle sur la température animale.* (Voir : *la température animale*, page 721).

Régénération de la moelle. — Prochaska et Longet avaient échoué dans leurs tentatives de régénération de la moelle. Masius et van Lair, chez les grenouilles, auraient obtenu la régénération de la moelle avec retour de quelques mouvements volontaires; mais les expériences ne peuvent être acceptées que quand elles auront été répétées, et les résultats en sont douteux. Goltz, sur les chiens, n'a jamais constaté de retour de la sensibilité et du mouvement volontaire.

Bibliographie. — CALMEIL : *Recherches sur la structure et les fonctions de la moelle épinière*, dans : *Journal des progrès*, 1824. — STILLING : *Untersuchungen über die Functionen des Rückenmarks*, 1842. — BROWN-SEQUARD : *Mémoire sur les voies de transmission des impressions sensibles dans la moelle épinière*, dans : *Mémoires de la Société de biologie*, 1850. — F. PFLÜGER : *Die sensoriellen Functionen des Rückenmarks*, 1853. — SCHIFF : *Sur les Fonctions des cordons postérieurs de la moelle*. (*Gazette hebdomadaire*, 1859.) — SCHROEDER VAN DER KOLK : *Bau und Functionen der medulla spinalis und oblongata*, 1859. — BROWN-SEQUARD : *Nouvelles Recherches sur la physiologie de la moelle épinière*. (*Journal de physiologie*, 1854 et 1859.) — CHATVEAU : *De l'Excitabilité de la moelle épinière*. (*Journal de physiologie*, 1861.) — BROWN-SEQUARD : *Leçons sur le diagnostic et le traitement des principales formes de paralysies des extrémités inférieures*, avec une Introduction de ROUGET, 1861. — J. CAYRADE : *Sur la Localisation des mouvements réflexes*, 1864. — VULPIAN : article « Moelle » du *Dictionnaire encyclopédique*, 1874. (Voir aussi la bibliographie générale de l'innervation.)

it au crâne, avec un perforateur, un trou très-fin ; on introduit par ou une petite canule à trocart qui pénètre plus ou moins profondé- dans la substance cérébrale ; on retire le trocart et on visse sur nule restée en place le corps d'une seringue à injection sous- ée chargée du liquide qu'on veut injecter. On tourne doucement ton de façon à faire pénétrer un nombre déterminé de gouttes et tire ensuite la canule. Les lésions cérébrales ainsi produites peu- être localisées avec une précision remarquable. (Voir : Beaunis, *sur l'application des injections interstitielles à l'étude des fonc- des centres nerveux*, dans *Gazette médicale de Paris*, 1872 ; voir : *Notes additionnelles*.) -

Cautérisation électrolytique. — J'ai employé dans plusieurs cas la risation électrolytique.

Interruption de la circulation. — L'interruption de la circulation se faire soit sur des régions étendues (ligatures artérielles), soit es régions circonscrites (injection dans les vaisseaux de poudres antes, d'air, etc.). Dans ce cas, on observe un ramollissement des s correspondantes de la substance cérébrale.

Réfrigération (Richardson). — L'application de la glace ou de ges réfrigérants, l'anesthésie localisée par l'éther, la rigolène, sur une région déterminée du crâne, ou bien leur application à r la substance cérébrale, abolissent temporairement les fonctions région. L'inconvénient de cette méthode est de ne pouvoir loca- la réfrigération au point expérimenté.

Compression cérébrale. — Cette compression peut se faire, soit tement sur la surface du cerveau, soit par l'injection dans le cer- de liquides inertes, mercure, etc. (Voir : Beaunis, *Note sur l'appli- a, etc.*)

a. — Physiologie du bulbe.

1° *Excitabilité du bulbe.*

excitabilité des divers faisceaux du bulbe (') est très-contro- ée. L'excitation des pyramides antérieures détermine des

Anatomiquement, le bulbe paraît être constitué de la façon suivante : ramides sont formées dans les trois quarts inférieurs de leur décus- par le prolongement d'une partie des cordons latéraux de la moelle, eur quart supérieur par une partie des cordons postérieurs. Le fais- ntermédiaire du bulbe est constitué par les cordons antérieurs et le des cordons latéraux ; les corps restiformes et les pyramides posté- s par les cordons postérieurs, moins la partie qui contribue à la dé-

résultats varient suivant la hauteur à laquelle sont faites les sections transversales ; à la pointe du *calamus*, les muscles de la colonne vertébrale sont paralysés ; plus haut, ce sont les muscles des membres postérieurs.

3° Centres nerveux dans le bulbe.

1° *Centre respiratoire*. — Le centre respiratoire se trouve dans le bulbe, vers la pointe du V du *calamus scriptorius*, au niveau des origines du pneumogastrique. D'après les recherches de Rosenthal, il se composerait de deux centres : 1° un centre *inspirateur* dont l'activité est excitée par les filets pulmonaires du pneumogastrique et arrêtée par les filets laryngés du même nerf ; l'accumulation d'acide carbonique dans le sang, l'absence d'oxygène, l'irritation des nerfs sensitifs (aspersions d'eau froide) agissent comme excitants sur le centre inspirateur ; une irritation sensitive trop intense (douleur) ou l'excès d'oxygène dans le sang (apnée), au contraire, le paralyse ; 2° un centre *expirateur* dont l'activité est mise en jeu par les filets laryngés supérieurs du pneumogastrique et paralysée par ses filets pulmonaires (voir : *Pneumogastrique*). Ces deux centres respiratoires paraissent être doubles, car la section de la moelle en deux moitiés symétriques n'abolit pas les mouvements de respiration, et la section transversale d'une moitié de la moelle paralyse les muscles respirateurs du même côté.

La piqûre ou l'ablation d'un point circonscrit du 4° ventricule, au niveau de la pointe du V du *calamus nœud vital* de Flourens), arrête immédiatement la respiration et produit une mort subite chez les animaux à sang chaud. La section du bulbe au-dessous du nœud vital abolit les mouvements respiratoires du tronc et laisse subsister ceux de la face (mouvements des naseaux chez le cheval, par exemple ; la section au-dessus du nœud vital abolit les mouvements respiratoires de la face et laisse subsister ceux du tronc. La mort après la destruction du nœud vital a été attribuée, par quelques auteurs, à d'autres causes qu'à un simple arrêt de respiration, ainsi à la douleur et à l'arrêt du cœur (Brown-Sequard).

Les centres bulbaires respiratoires sont des centres réflexes, ce qui

maintenu solidement par un aide; on saisit fortement la tête de la gauche, et en passant la main sur le crâne d'avant en arrière, on



Fig. 239. — Crâne de lapin, partie postérieure. (Cl. Bernard)

une tubérosité *d* (fig. 218) qui correspond à la bosse occipitale. Immédiatement en arrière, on plante un petit ciseau représenté dans la figure 240; sa pointe entre dans le tissu osseux, et dès qu'il a traversé les parois du crâne, on dirige l'instrument obliquement de haut en bas et d'arrière en avant jusqu'à ce que la pointe atteigne l'os basi-

laire. La figure 250, p. 996, représente la marche de l'instrument à travers la tête du lapin. Pour que le diabète se produise, la piqure doit porter entre

tubercules de Wenzel (origine des nerfs acoustiques *bb*, 251, p. 996) et les origines du pneumogastrique *c*. Si l'on pique plus bas, on produit la polyurie seule, au-dessus, l'hyperurie. Le sucre apparaît dans les urines une heure après l'opération et disparaît au bout de quatre à six heures.

Centre salivaire. — Le centre de la sécrétion salivaire paraît aussi se trouver dans le plancher du bulbe au niveau de l'origine du facial, la piqure ou l'excitation électrique de cette région détermine une sécrétion abondante de salive (Cl. Bernard, 1874, etc.).

Centre moteur des muscles de la face et des muscles masticateurs. — Le bulbe contient en outre : les centres moteurs des muscles qui sont innervés par le facial, et par conséquent les centres de la mimique et de l'expression faciale; les centres des muscles masticateurs.

Les centres convulsifs admis par quelques physiologistes se trouvent plus haut dans la région de la protubérance.

Tarchanoff a vu l'excitation de la moelle allongée produire une contraction de la rate; cette contraction se faisait aussi par l'excitation du bout central de l'is-



Fig. 240.
 Ciseau
 pour la piqure
 diabétique.

chiatique et surtout du pneumogastrique, elle ne se montrait pas si les nerfs splanchniques étaient coupés.

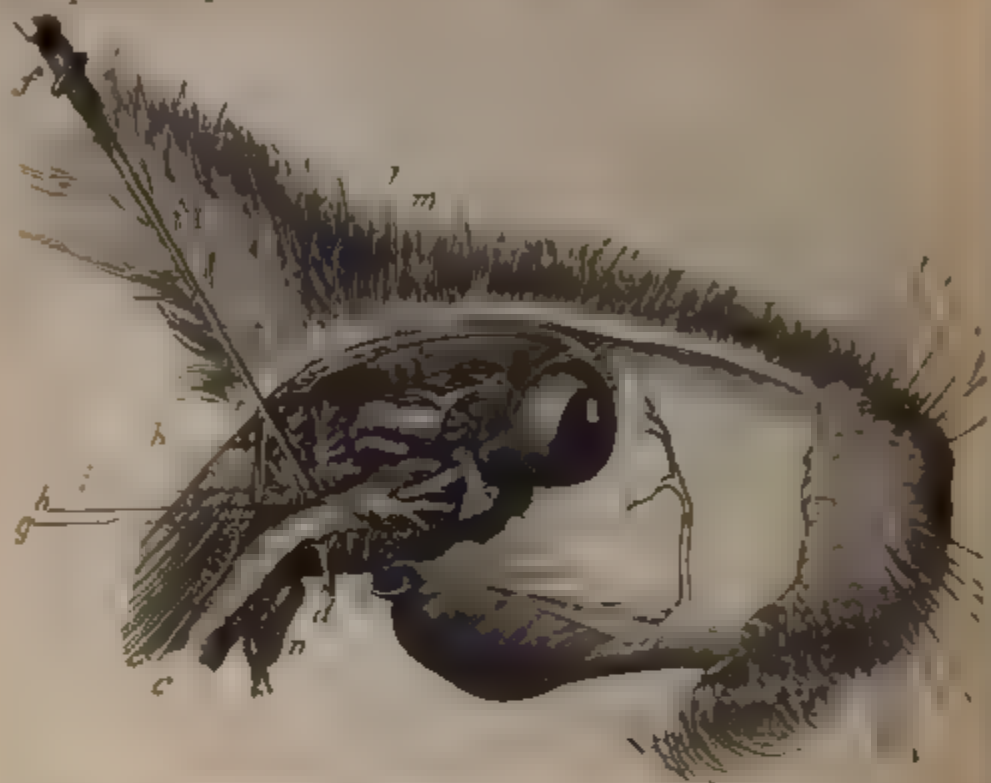


Fig. 240. — Coupe d'une tête de lapin. (Cl. Bernard.)

Budge a provoqué, par l'excitation du bulbe, des contractions de l'estomac



Fig. 251. — Plancher du 4^e ventriculaire chez le lapin. (Cl. Bernard.)

mac et du cœcum, peut-être ne s'agissait-il là que de contractions des

Fig. 240 — a, cercelet — b, origine du nerf de la 7^e paire — c, molette — d, origine du pneumogastrique. — e, trou l'entrée de l'instrument — f, instrument — g, trismus — h, conduit au tif — i, extrémité de l'instrument — k, arête vertébrale — l, tubercules quadrangulaires — m, cerveau — n, capsule de l'œil.

Fig. 251 — Le cercelet a été enlevé et les deux lobes ne sont pas séparés — k, arête de Wenzel — c, plancher du 4^e ventriculaire. — d, bec du calamus — e, origine du pneumogastrique. L'espace pour la piqûre diabétique est limité par deux lignes transversales qui joignent les tubercules de Wenzel et les origines des pneumogastriques.

— Physiologie de la protubérance.

Stabilité de la protubérance. — L'excitation des parties antérieures de la protubérance (1) ne détermine en avant aucun signe, à moins qu'on n'atteigne les pédoncules cérébelleux (voir : *Cervelet*); en arrière, on obtient des signes de

Quand la stimulation pénètre jusqu'aux parties postérieures (galvanisation), on a des convulsions générales épileptiques qui se distinguent des convulsions tétaniques qu'on obtient par l'excitation de la moelle.

Transmission dans la protubérance. — a. *Transmission*

— La transmission sensitive à travers la protubérance est très-obscur; un fait pathologique important, c'est que l'anesthésie est beaucoup plus rare que la paralysie du mouvement. Dans les affections de la protubérance, et quand cet organe est lésé d'un seul côté, l'anesthésie existe du côté opposé; on a vu plus haut que l'entre-croisement des conducteurs des impressions sensibles se fait au-dessous de la protubérance (moelle et bulbe). D'après Brown-Sequard, ces impressions (sensations musculaires, tactiles, thermiques, de douleur) traverseraient par les parties centrales de la protubérance.

Transmission motrice. — La transmission motrice volontaire est principalement par les parties antérieures de la protubérance. Les lésions unilatérales de la protubérance produisent ordinairement une paralysie du tronc et des membres du côté opposé à la lésion, une paralysie du facial du même côté que la lésion (hémiparésie faciale de Gubler); c'est que l'entre-croisement du facial a lieu au pont de Varole même, tandis que l'entre-croisement des conducteurs pour le tronc et les membres se fait au-dessous, on l'a vu à propos du bulbe.

Faisceaux d'innervation de la protubérance. — La physiolo-

Les fibres verticales dans la protubérance ont la même disposition que dans le bulbe; elles sont seulement séparées par les faisceaux des pédoncules cérébelleux moyens et les noyaux de substance grise. Les fibres des pédoncules cérébelleux moyens ne représentent pas une commissure entre les deux moitiés du cervelet; elles se rendent d'une moitié du cervelet à l'autre, à travers la substance grise de la protubérance et de là montent par les pédoncules cérébelleux dans l'hémisphère cérébral du côté opposé; leur trajet est donc croisé. Elles relient chaque hémisphère cérébelleux à l'hémisphère cérébral du côté opposé.

gie de la protubérance se confond sur beaucoup de points avec celle du bulbe, et il est difficile de circonscrire exactement dans chacun de ces organes un certain nombre de centres nerveux qui sont sur la limite de l'un et de l'autre.

La protubérance représente non-seulement un organe de transmission, mais un véritable centre pour les mouvements de toutes les régions du corps; après l'ablation de toutes les parties situées en avant d'elle, les mouvements des quatre membres s'exécutent avec énergie (Longet) et il semble même que, dans certains cas, des mouvements coordonnés, tels que ceux de la marche et du saut, puissent se produire.

On a vu plus haut que la galvanisation de la protubérance produit des convulsions épileptiformes; c'est là ce qu'on a appelé *région des crampes* ou *centre convulsif* de la moelle allongée, dont les limites ont été bien précisées par Nothnagel. Ce centre est excité par l'excès d'acide carbonique dans le sang, ou par l'absence d'oxygène, comme dans l'asphyxie, par l'aménie ou le retrécissement des vaisseaux de la protubérance (Kusssmaul et Tenner), par l'hyperémie de ces vaisseaux (Landois, etc. Ce centre convulsif est en rapport intime avec les centres respiratoires, vaso-moteur, dilatateur de la pupille et cardiaque (centre d'arrêt), comme on le voit dans les phénomènes de l'asphyxie, qui font entrer tous ces centres en activité.

Gerdy et Longet font de la protubérance un centre sensitif. d'après eux, l'ablation des parties situées en avant de la protubérance n'abolit pas la sensibilité générale, les animaux crient, s'agitent, et ces signes de douleur disparaissent par la lésion de la protubérance; pour Brown-Sequard, au contraire, ces phénomènes seraient d'ordre purement réflexe.

L'influence de la moelle allongée sur la température est encore très-obscur. R. Heidenhain a vu l'excitation de la moelle allongée s'accompagner d'une diminution de température, tandis que J. Schreiber, au contraire, a constaté une augmentation de température toutes les fois qu'on empêchait chez le animal la déperdition de chaleur (voir : *Production de chaleur* page 721).

Bibliographie du bulbe et de la protubérance. — STILLING : *Ueber die Medulla oblongata*, 1813. — GUHLER : *De l'Hémiplégie alterne*. (Gazette médicale, 1857.) — SCHROEDER VAN DER KOLK : *Bau und Functionen der Medulla spinalis und oblongata*, 1859. — BROWN-SEQUARD : *Recherches expérimentales sur la moelle allongée*. (Journal de physiologie, 1860.)

c. — Physiologie des pédoncules cérébraux.

Les pédoncules cérébraux⁽¹⁾ sont sensibles; leur excitation provoque des signes de douleur. Ils servent à la transmission des mouvements et spécialement des mouvements volontaires et de la sensibilité; ils servent d'intermédiaires entre les centres moteurs médullaires situés au-dessous et les centres moteurs réflexes ou volontaires des ganglions cérébraux (corps strié, tubercules quadrijumeaux, etc.) et de l'écorce des hémisphères, entre le cervelet et la substance corticale, entre les centres sensoriels et les nerfs périphériques.

Leur section complète produit une paralysie du mouvement et une paralysie (ou une diminution) de la sensibilité du côté opposé du corps. D'après Wundt, la lésion de la partie inférieure des pédoncules cérébraux abolit les mouvements volontaires, mais les mouvements dépendant des centres situés dans les ganglions cérébraux (corps strié, par exemple) peuvent encore se produire par action réflexe sous l'influence d'excitations sensibles. Si la lésion porte sur la partie supérieure des pédoncules cérébraux et le ruban de Reil, au contraire, ce sont ces derniers mouvements qui sont abolis; il y a de l'ataxie (incertitude et vacillation des mouvements), mais les mouvements volontaires persistent.

La lésion d'un pédoncule cérébral produit un *mouvement de manège* du côté opposé à la lésion; dans ce mouvement de manège, l'animal décrit un cercle de rayon variable, et le cercle parcouru serait d'autant plus petit que la lésion se rapproche davantage du bord antérieur de la protubérance et qu'elle atteint un plus grand nombre de fibres. Dans trois cas de lésion de la partie supérieure et externe du pédoncule cérébral, j'ai constaté des mouvements de *rotation sur l'axe*. La déviation des yeux et le nystagmus ont été aussi observés quelquefois.

Les lésions de l'expansion pédonculaire (couronne rayonnante

(1) L'étage inférieur des pédoncules cérébraux est constitué par les pyramides, les restes des cordons antérieurs et par des fibres provenant du pédoncule cérébelleux moyen du côté opposé; il paraît servir à la transmission motrice, sauf dans sa partie externe sensitive; la partie moyenne formée par les cordons latéraux et postérieurs et les pédoncules cérébelleux supérieurs, paraît surtout affectée à la transmission sensitive; le ruban de Reil semble composé principalement de fibres motrices.

de Reil) et surtout de son pied, produisent l'hémi-anesthésie du côté opposé du corps (Veyssiére).

Budge a vu des contractions réflexes⁷¹ de l'estomac, de l'intestin et de la vessie par l'excitation des pedoncules cérébraux. L'augmentation des sécrétions lacrymale et salivaire observée par Afanasiéff est probablement aussi un phénomène réflexe. Le même auteur a vu la section unilatérale du pedoncule cérébral s'accompagner d'un rétrécissement des artères du côté de la section.

d. — Physiologie des tubercules quadrijumeaux.

Contrairement à l'opinion de la plupart des physiologistes, j'ai toujours vu la piqûre des tubercules quadrijumeaux antérieurs s'accompagner de cris, d'agitation et de signes indubitables de douleur, et cela alors que la partie superficielle des pedoncules cérébraux n'était pas atteinte par la piqûre.

Ces tubercules quadrijumeaux ont des rapports intimes avec la vision; ils contiennent les centres auxquels aboutissent les excitations visuelles et les centres des mouvements de la pupille de l'accommodation, des mouvements du globe oculaire et peut-être aussi des mouvements de la tête et des membres dans leurs relations avec la fonction oculaire; ils représentent donc de véritables centres réflexes entre le nerf optique et les nerfs de différents appareils. Leur ablation produit la cécité immédiate (Flourens), si on enlève sur un pigeon les parties situées en avant de ces organes, l'iris n'en continue pas moins à se contracter et l'animal suit de l'œil et de la tête une lumière qui se fait mouvoir devant lui. Flourens place dans les tubercules quadrijumeaux antérieurs le centre contracteur de la pupille et leur ablation, la pupille reste immobile; chez le lapin, la section de la moitié interne du tubercule quadrijumeau antérieur (qui naît la bandelette optique) est suivie de la dilatation et de l'immobilité de la pupille.

(⁷¹) Les tubercules quadrijumeaux reçoivent les fibres sensitives du nerf optique, ils envoient des fibres motrices aux nerfs des muscles de l'œil d'une part, et par le rhabdium de Reil, d'autre part, aux cornes antérieures de la moelle. Le trajet de ces différentes espèces de fibres est en partie commun. D'un autre côté, ces tubercules sont en relation avec le nerf optique par la couche optique et par la couronne rayonnante de Reil avec la scissure corticale du lobe postérieur du cerveau.

mobilité de la pupille (Knoll). D'après Knoll, le centre dilatateur de la pupille se trouverait aussi dans les tubercules antérieurs; leur excitation élargirait la pupille des deux côtés et surtout du côté excité, et cette dilatation ne se produirait pas quand les sympathiques ont été coupés.

Les centres des mouvements du globe oculaire appartiennent aux tubercules quadrijumeaux et probablement aux antérieurs plutôt qu'aux postérieurs, malgré l'assertion contraire de Schiff. D'après Adamuk, l'excitation du tubercule quadrijumeau antérieur droit produit la rotation à gauche des deux yeux; si la partie antérieure est seule excitée, les lignes de regard se dirigent horizontalement; si c'est la partie moyenne, les deux lignes de regard se dirigent en haut et la pupille devient plus large; si l'excitation porte plus en arrière, cette position s'unit avec la convergence des deux yeux; enfin, si la partie tout à fait postérieure est excitée, la convergence augmente, les lignes de regard se dirigent en bas et la pupille se rétrécit. Deux fois sur six cas, j'ai observé de l'exophtalmie par la lésion des tubercules quadrijumeaux.

Serres considérait les tubercules quadrijumeaux comme intervenant dans l'équilibration des mouvements. Flourens a en effet observé après leur lésion des mouvements de rotation, mais qui me paraissent tenir à la lésion des pédoncules cérébraux; ce qu'il y a de certain, c'est que leur destruction s'accompagne de troubles dans la motilité de la tête et des membres. Goltz a vu, chez la grenouille, que les mouvements pour rétablir l'équilibre du corps se faisaient encore après l'ablation des hémisphères cérébraux, mais que ces mouvements ne pouvaient plus se faire dès que les lobes optiques (tubercules quadrijumeaux) étaient détruits.

Budge et Valentin ont observé des contractions (réflexes?) de la vessie, de l'estomac et de l'intestin par l'excitation de ces tubercules.

e. — Physiologie des couches optiques.

La lésion des couches optiques (¹), contrairement aux assertions de quelques physiologistes, ne paraît pas déterminer de douleur, à

(¹) Les couches optiques paraissent recevoir des fibres sensibles émanant des nerfs optiques (et, d'après Luys, des autres nerfs des sens) et des cordons de la moelle. Elles envoient des fibres à l'écorce des hémisphères et de la corne d'Ammon.

moins qu'on n'ait lésé les pedoncules cérébraux ou les tubercules quadrijumeaux antérieurs. Cette lésion peut produire des mouvements de manège, la rotation se fait du côté sain si la postérieure est lésée : du côté opéré, si c'est la partie antérieure (Schiff), il se pourrait cependant que ces phénomènes dus à la lésion des pedoncules cérébraux ou de leur prolongement. Serres plaçait dans les couches optiques les centres des mouvements des membres antérieurs ; dans les corps striés des membres abdominaux, mais les faits pathologiques expérimentaux n'ont pas confirmé cette manière de voir. Nothnagel, la destruction des deux couches optiques n'abolit pas les mouvements volontaires ; il n'y a ni paralysie ni anesthésie ; le seul phénomène observé serait une situation anormale des extrémités ; aussi il se rattache à l'opinion de Meynert, selon lequel les couches optiques représenteraient les centres des mouvements combinés qui se produisent inconsciemment en action réflexe par suite des impressions qui partent des sensibiles périphériques et qui vont aboutir à ces couches. (Psychologie physiologique) adopte à peu près la même opinion. Les couches optiques se comporteraient avec la surface tactile comme les tubercules quadrijumeaux avec le labyrinthe ; elles seraient les centres de relation des impressions tactiles avec les mouvements de locomotion. Les impressions tactiles (cutanées ?) ainsi transmises à la couche optique seraient conscientes et provoqueraient seulement, par action réflexe, les mouvements de certains groupes de muscles. Les tracts motrices qui partent de la couche optique paraissent se croiser partiellement ; d'après les déviations que subissent les diverses parties du corps après la lésion d'une seule couche, on peut admettre que les fibres pour les inspirateurs et extenseurs sont croisées, et qu'il n'y a pas de croisement pour les rotateurs de la colonne vertébrale, les pronateurs et flexisseurs ; la couche optique droite contiendrait alors les centres pour les flexisseurs et les pronateurs du côté droit, les centres pour les extenseurs et les inspirateurs du côté gauche.

Contrairement aux opinions précédentes, Lays s'appuie surtout sur des faits anatomiques et pathologiques, pour considérer la couche optique comme un véritable *sensorium commune* ; « le véritable centre de réception pour les impressions sensorielles et l'avant-dernière étape où elles sont con-

« avant d'être irradiées vers la périphérie corticale ». Les impressions tactiles, dolorifères, optiques, acoustiques, olfactives, gustatives, génitales, viscérales, arriveraient ainsi à des amas de substance grise dont la localisation dans la couche optique a été faite par Luys pour quelques-uns d'entre eux ; le centre tactile, le plus volumineux, occuperait la partie centrale de la couche optique ; les centres olfactifs, optiques, acoustiques, seraient échelonnés d'arrière en avant en dedans du centre tactile. Ces impressions seraient, non-seulement concentrées dans la couche optique, elles y seraient modifiées ; « elles subiraient « là un nouveau temps d'arrêt et une nouvelle élaboration sur « place ; elles se dépouilleraient de plus en plus du caractère « d'ébranlements purement sensoriels pour revêtir, en se métamorphosant, une forme nouvelle ; se rendre en quelque sorte « plus assimilables pour les opérations cérébrales ultérieures et « devenir ainsi progressivement les agents *spiritualisés* (?) de « l'activité des cellules cérébrales. » (Luys, *Système nerveux cérébro-spinal*, page 345.)

f. — Physiologie des corps striés.

L'excitation des corps striés⁽¹⁾ ne s'accompagne d'aucun signe de douleur et ne détermine que des phénomènes de motilité. Les corps striés représentent en effet des centres pour les muscles du côté opposé du corps (Luys). Chez l'homme, la lésion d'un corps strié s'accompagne toujours d'une paralysie du mouvement du côté opposé, et suivant l'étendue et la place de la lésion, la paralysie atteint plus ou moins complètement certaines catégories de muscles (extrémités postérieures ou antérieures, facial, etc.). Chez le lapin, l'ablation d'un corps strié ne produit pas de paralysie ; l'ablation des deux corps striés abolit les mouvements volontaires, mais les mouvements de la marche et de la course sont encore possibles. D'après Carville et Duret, chez le chien, l'ablation complète du noyau caudé rend impossibles les mouvements de progression ; l'animal décrit alors un mouvement de manège en pivotant sur les pattes du côté opposé à la lésion ;

(1) Ce qu'on appelle le *noyau caudé* du corps strié correspond au noyau intra-ventriculaire ; le *noyau lenticulaire* au noyau extra-ventriculaire ; l'excision pédonculaire (capsule interne) sépare ces deux noyaux.

la motilité qui en résultent (mouvements de rotation, incurvation de la tête, etc.) sont très-inconstants (Olivier et Leven). Les phénomènes qui se présentent après des lésions plus profondes sont aussi assez variables. Wagner a constaté une tendance des extrémités postérieures à se mettre dans l'extension, une torsion du cou en spirale, un tremblement persistant, des vomissements, etc. Après l'ablation de la partie antérieure du *vermis*, les animaux tombent en avant; après l'ablation de la partie postérieure, ils exécutent des mouvements rétrogrades; après la lésion d'un seul côté, l'animal tombe du côté opposé et il présente souvent un mouvement de rotation autour de l'axe, mouvement qui se fait tantôt du côté sain, plus souvent du côté lésé. La réfrigération par la rhigolène (Mitchell et Richardson) produit chez les pigeons un renversement de la tête en arrière et suivant la durée l'action du froid un mouvement en avant (mouvement de vol) et plus tard un mouvement de recul; ce mouvement en arrière ne se produit pas chez les lapins.

Enfin, l'excitation galvanique du cervelet (lapin) détermine des mouvements du globe oculaire (Ferrier), mouvements qui se montrent aussi chez l'homme en même temps que des phénomènes de vertige, si on fait passer un courant constant d'une apophyse postérieure à l'autre (Purkinje, Remak, Benedikt, Brenner, Hitzig); mais on peut se demander dans ce cas si le courant n'a pas diffusé jusqu'aux tubercules quadrijumeaux; il est vrai que la piqûre du cervelet peut déterminer des mouvements du globe oculaire (Leven et Olivier).

L'extirpation du cervelet donne des résultats beaucoup plus intéressants (pigeons). On observe dans ces cas une véritable paralysie du mouvement; les mouvements volontaires ne sont pas

substance grise de la protubérance et les pédoncules cérébraux par les tubercules cérébelleux moyens et, par les pédoncules cérébraux, avec la substance corticale de l'hémisphère opposé; 3° avec le corps rhomboïdal, les tubercules cérébelleux supérieurs et par ces pédoncules avec la couche blanche de la racine sensitive du trijumeau et la substance corticale antérieure des hémisphères du côté opposé; 4° avec les tubercules quadrijumeaux du même côté par la valvule de Vieussens; 5° par des fibres commissurales, avec la substance corticale de l'hémisphère opposé du cervelet et de l'hémisphère. Cette substance corticale, constituée par les cellules de Purkinje, représente donc une surface à laquelle aboutissent, d'une part, des fibres provenant de toutes les surfaces sensorielles du corps, et, d'autre part, des fibres provenant de toute la région motrice des hémisphères cérébraux (partie antérieure des hémisphères).

abolis, mais ils se font sans règle et d'une façon incohérente. L'animal s'agit continuellement, mais il ne peut ni marcher, ni voler, et le trouble et le désordre des mouvements sont plus prononcés que l'extirpation est plus complète *fig.*

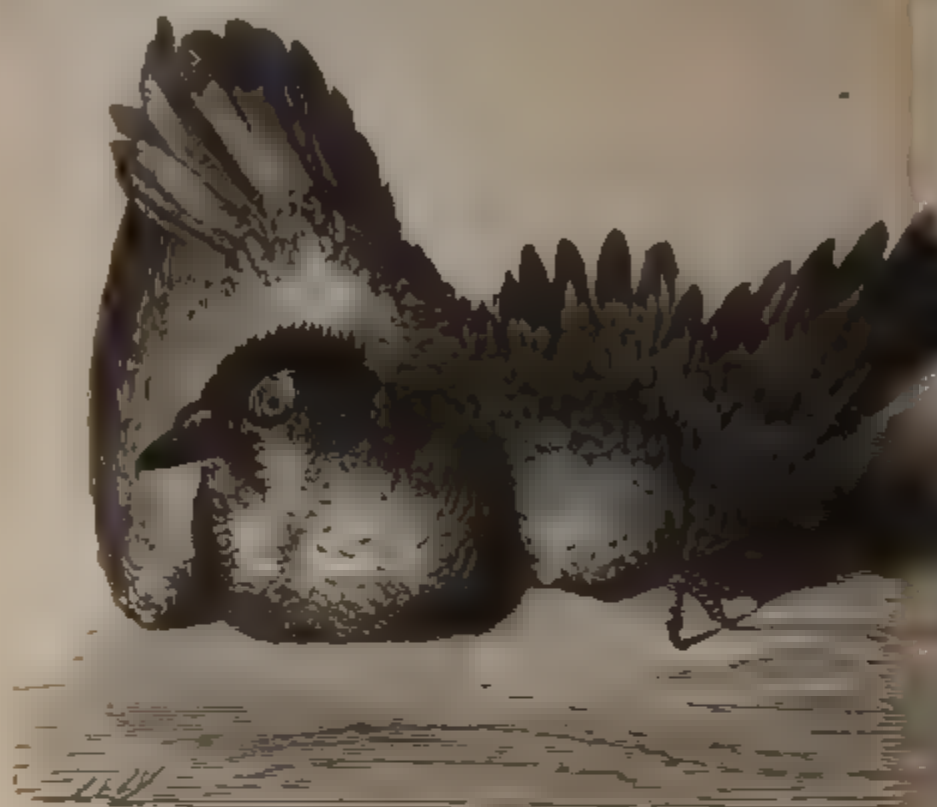


Fig. 254. — Pigeon après l'ablation du cervelet. (Dallou)

Les faits précédents prouvent que le cervelet est en rapport avec la motricité, mais en quoi consiste son influence et comment agit-elle? Cette influence n'est pas, quoi qu'en dise Luys, qui place le cervelet l'origine de la force motrice (*), une influence motrice. En effet, l'affaiblissement de la force musculaire qu'on observe après l'extirpation du cervelet est loin d'être aussi prononcé que chez Luys, et les contractions musculaires sont quelquefois aussi fortes qu'avant l'opération. Ce qui caractérise surtout les animaux opérés, c'est l'irrégularité, l'incohérence, l'incoordination des mouvements. Aussi Flourens attribue-t-il au cervelet la propriété de coordonner les mouvements voulus ou excités par d'autres centres nerveux.

(*) Le cervelet « peut être considéré comme une source d'énergie constante, et provisoirement, comme l'appareil dispensateur de cette force nerveuse spéciale (sthénique) qui se dépense en un point que ce soit de l'économie, chaque fois qu'un effet moteur se produit ». (Luys, *Système nerveux*, page 429.)

ablation, la volonté, les sensations, les perceptions subsistent; seule la coordination des mouvements ne peut plus se faire. L'hypothèse de Flourens s'accorde assez bien avec les faits; mais par quel mécanisme s'effectue cette coordination? Lussana a cherché à prouver que le cervelet agissait comme siège du *sens musculaire*; « l'animal ne sent plus la solidité du terrain auquel il doit s'appuyer pour la station et pour la locomotion; il ne sent plus la résistance du milieu qui doit lui servir pour voler ou pour nager; il ne sent plus l'impénétrabilité des objets qui peuvent s'opposer à sa marche; il ne sent plus la pesanteur des corps qu'il lui faut saisir ou porter; » ce n'est donc que comme siège du sens musculaire que le cervelet serait l'organe coordinateur des mouvements volontaires. L'interprétation de Lussana me paraît plus précise et plus vraie que l'hypothèse un peu vague de Flourens; mais les sensations musculaires ne sont pas les seules qui interviennent dans les mouvements coordonnés de la marche, du vol, etc., ou dans l'équilibre de la station; les sensations tactiles, visuelles, auditives peut-être, et peut-être aussi les impressions partant des conduits demi-circulaires, interviennent encore dans ces mouvements, et il est probable, d'après les expériences physiologiques et les données anatomiques qui les confirment, que toutes ces impressions sensitives viennent aboutir à la substance corticale cérébelleuse, et là, par l'intermédiaire des cellules de Purkinje, se mettent en rapport d'une part avec les centres moteurs volontaires de l'écorce cérébrale, de l'autre avec les centres moteurs réflexes des ganglions cérébraux (tubercules quadrijumeaux, substance grise des pédoncules cérébraux, etc.). Dans cette hypothèse, le cervelet ne serait affecté exclusivement ni à la sensibilité, ni au mouvement, il relierait seulement l'une à l'autre et établirait entre les deux les relations nécessaires pour donner aux mouvements exécutés leur précision et leur ensemble.

Ferrier, en se basant sur ses expériences d'électrisation cérébrale, fait du cervelet un centre moteur oculaire; le lobe moyen présiderait aux mouvements de convergence et de divergence des globes oculaires, les lobes latéraux aux mouvements d'élévation, d'abaissement et de rotation autour d'un axe antéro-postérieur; le nystagmus (oscillation des globes oculaires) ne serait autre chose qu'une affection épileptiforme des centres oculo-moteurs du cervelet. Des troubles divers de la vision se présentent du reste assez souvent dans les affections du cervelet. Magendie admettait dans le cervelet un centre qui tend à pousser l'animal en avant et dont l'action serait contre-balancée par le centre antagoniste (centre de recul), qui, d'après lui, existerait dans le corps strié; les faits expérimentaux n'ont pas confirmé l'assertion de Magendie. L'action du cervelet sur les mouvements involontaires (Villis) et les fonctions de la vie organique est tout aussi peu démontrée, sauf cependant sur le vomissement.

te, a été observé par Schiff et Brown-Sequard à la suite de lésions protubérance et des tubercules quadrijumeaux antérieurs. Je l'ai



Fig. 253. — Mouvements de manège.

ré après certaines lésions des couches optiques.

Mouvement de rotation sur l'axe. — Dans ce mouvement, l'animal

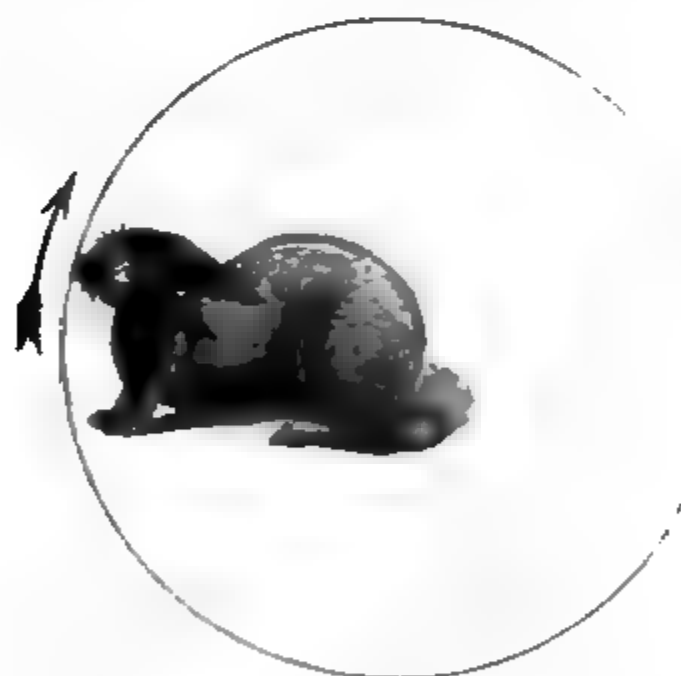


Fig. 254. — Mouvement de rotation en rayon de roue.

se autour d'un axe longitudinal qui traverserait le corps dans sa longueur; la rotation commence par une chute de l'animal sur un côté.

Le cervelet ne peut être considéré non plus comme un centre de sensibilité générale, une sorte de *sensorium commune* (l'opinion de Petit, Foville, ni comme un centre intellectuel ou instinctif. L'hypothèse de Gall, qui fait du cervelet l'organe de l'instinct général ou du sens génital, ne peut être non plus adoptée, quoiqu'on puisse invoquer en sa faveur quelques faits de physiologie et d'anatomie comparée quoiqu'elle ait été reprise dans ces derniers temps par Lussana qui y place à la fois le sens musculaire et le *sens érotique*.

Herbert Spencer a fait *a priori* une hypothèse ingénieuse sur les fonctions comparées du cervelet et des hémisphères. Les actions réflexes peuvent être rattachées entre elles par des relations de coexistence ou de succession; elles peuvent être simultanées ou successives, coordonnées dans l'espace ou dans le temps. Le cervelet serait l'organe des coordinations dans l'espace, les hémisphères cérébraux, les organes des coordinations dans le temps. Cette hypothèse, qui se rattache par quelques points à l'hypothèse admise plus haut sur les fonctions du cervelet, ne peut être discutée ici.

La lésion des pédoncules cérébelleux détermine des phénomènes particuliers suivant le pédoncule lésé et l'étendue de la lésion, phénomènes qui se confondent en partie avec ceux qui se produisent par la lésion du cervelet proprement dit. La lésion d'un pédoncule cérébelleux moyen détermine la rotation autour de l'axe; si la lésion atteint la partie postérieure la rotation se fait du côté opéré (Magendie), elle a lieu du côté opposé à la lésion (Longel) si ce sont les parties antérieures qui sont atteintes (Schiff, Cl. Bernard). Après la lésion des pédoncules cérébelleux inférieurs, le corps s'incurve en arc du côté opposé (Rolando, Magendie). Celle des pédoncules cérébelleux supérieurs se confond avec la lésion des pédoncules cérébraux.

Mouvements de rotation. — Certaines lésions cérébrales donnent lieu à des mouvements de rotation particuliers dont l'interprétation est très-difficile. Ces mouvements de rotation se présentent sous trois formes principales.

1° *Mouvement de manège.* — Dans ce cas (fig. 253, p. 1009) l'animal décrit un cercle de plus ou moins grand rayon, la rotation se fait dans le même sens que les aiguilles d'une montre, tantôt en sens inverse comme dans la figure; elle s'observe principalement après la lésion des pédoncules cérébraux;

2° *Mouvement de rotation en rayon de roue* (fig. 254, p. 1010). Dans ce cas, l'animal tourne autour du train postérieur qui sert d'axe, se trouvant à la circonférence du cercle. Ce mode de rotation s'observe



PHYSIOLOGIE DES CENTRES NERVEUX. 1009

este, a été observé par Schiff et Brown-Sequard à la suite de lésions
a protubérance et des tubercles quadrijumeaux antérieurs. Je l'ai



Fig. 253. — Mouvements de manège.

ervé après certaines lésions des couches optiques.

° *Mouvement de rotation sur l'axe.* — Dans ce mouvement, l'animal



Fig. 254. — Mouvement de rotation en rayon de roue.

me autour d'un axe longitudinal qui traverserait le corps dans sa
gueur; la rotation commence par une chute de l'animal sur un côté,

et le sens de la rotation est déterminé par le côté par lequel a débuté la chute. Ce mouvement se rencontre dans les lésions des p. lons cérébelleux moyens; je l'ai observé par la lésion de la partie supérieure et externe des pédoncules cérébraux.

4^e Carville et Duret ont observé une fois, après l'ablation du noyau caudé, un mouvement circulaire mais se distinguant du mouvement de manège en ce que l'animal décrivait un cercle avec les pattes saines d'un côté du corps, tandis que les pattes de l'autre côté paralysées servaient de pivot.

Ces mouvements de rotation sont souvent très-rapides et présentent la plupart du temps un caractère particulier, il semble que les animaux soient poussés à les accomplir par une force intérieure à laquelle ils ne peuvent résister, d'où le nom de mouvements *irrésistibles* qui leur a été donné *Zwangbewegungen*. Leur interprétation est très controversée. Un premier fait, c'est que les mouvements de manège et de rotation sur l'axe ne peuvent tenir à une paralysie soit d'un côté du corps (Lafargue, Serres), soit de certains groupes de muscles Schiff. En fait, la plupart du temps les muscles ont conservé leur énergie contractile, comme on peut s'en assurer facilement, la paralysie ne peut être crue que pour la rotation en rayon de roue dans certains cas et pour la forme de rotation circulaire observée par Carville et Duret. La contracture a été invoquée par Brown-Sequard, et paraît exister en fait comme cause déterminante des mouvements de rotation, que ces contractures soient de nature réflexe, comme le croit Brown-Sequard ou qu'elles soient simplement l'effet d'une excitation directe des centres moteurs correspondants, mais cette contracture n'existe pas toujours et ne peut expliquer un grand nombre de cas. D'après Grafton, B. la rotation serait due à des convulsions des muscles oculaires et du vertige qui accompagne la déviation des yeux; ces convulsions oculaires accompagnent en effet fréquemment les mouvements de rotation et Hitzig a cherché à montrer que le vertige, quel que soit son mode de production, peut déterminer des phénomènes de rotation. Chez le lapin, l'électrisation de la partie postérieure de l'encéphale provoque des mouvements de rotation sur l'axe. Il y aurait donc dans ces mouvements un trouble unilatéral de l'innervation cérébelleuse, ou tout au plus dit un défaut de relation entre les impressions sensorielles et les centres moteurs correspondants.

Magendie admettait dans les différentes régions cérébrales des organes ayant une action antagoniste sur les mouvements, dans le cortex strié, un centre de recul; dans le cervelet, un centre de progression avant; dans le pédoncule cérébelleux gauche, un centre entraînant le corps à gauche; dans le droit, un centre l'entraînant à droite. Ces mouvements se maintiennent dans la station et dans la marche se maintiennent dans ces cas par la neutralisation de l'action de ces centres antagonistes.

que l'un d'eux vint à être détruit ou excité outre mesure (Vulpian), l'équilibre étant rompu, l'action prédominante du centre restant ou surexcité porterait le corps d'un côté ou de l'autre. C'est à cette explication que paraît aussi se rattacher Luys, qui compare ces phénomènes de rotation au phénomène physique du *tourniquet hydraulique*. C'est aussi l'interprétation qu'admet Onimus, avec quelques variantes, puisqu'il fait dépendre les mouvements de manège d'une exagération fonctionnelle d'une moitié latérale du système de centres locomoteurs. Quant à la rotation sur l'axe, il l'explique par une contracture spasmodique des muscles du thorax, explication qui me paraît en désaccord avec les faits et en particulier avec les expériences citées plus haut de Hitzig⁽¹⁾.

Bibliographie. — BROWN-SEQUARD : *Notes sur les mouvements rotatoires*. (Journal de physiologie, 1860.) — WAGNER : *Recherches sur les fonctions du cerveau*. (Journal de physiologie, 1861.) — LUSSANA : *Leçons sur les fonctions du cervelet*. (Journal de physiologie, 1862.) — LEVEN et A. OLLIVIER : *Recherches sur la physiologie et la pathologie du cervelet*. (Archives de médecine, 1862.) — LEVEN : *Nouvelles Recherches sur la physiologie et la pathologie du cervelet*. (Gazette médicale, 1865.)

h. — Physiologie des hémisphères cérébraux.

Les hémisphères cérébraux représentent les centres des perceptions, des mouvements volontaires, d'une partie des actes instinctifs et des actes psychiques; malheureusement, malgré des recherches nombreuses, on ne sait encore presque rien de précis sur le fonctionnement des diverses parties des hémisphères cérébraux, et si des méthodes nouvelles d'expérimentation (injec-

(¹) La théorie complète de ces mouvements de rotation me paraît impossible à faire dans l'état actuel de la science. Je crois devoir citer ici un cas dans lequel l'analyse physiologique des stades successifs d'un mouvement de manège s'est produite sous mes yeux avec une très-grande netteté. L'animal décrivait un petit cercle de manège, le côté droit tourné vers le centre, non par un mouvement continu, mais *en trois temps*, par petits sauts séparés régulièrement par un intervalle de repos; à chaque saut, il décrivait un tiers de cercle; chaque temps se composait des mouvements suivants : d'abord il y avait un tremblement de la mâchoire inférieure; puis l'oreille gauche se mouvait et se dirigeait en avant; la tête s'inclinait peu à peu à droite d'une façon presque insensible; puis, à un moment donné, l'animal la portait à droite et en bas par un mouvement brusque, de façon à la placer presque à angle droit avec le corps, et immédiatement sautait de façon à décrire un tiers de cercle; il restait alors immobile et après quelques secondes les mêmes phénomènes se reproduisaient. (Beauvis : *Note sur l'application des injections*, etc. Gazette médicale de Paris. 1872, page 397.)

tions interstitielles de l'auteur, elle permettent d'entrevoir le moment des conclusions précises, ce motif les travaux récents publiés sur ce qu'avec une extrême réserve.

L'ablation des hémisphères cérébraux Flourens, Longet, Vulpian, Voit, etc., au point de vue des fonctions générales peut être exécutée sur des mammifères, et dans tous ces cas les résultats concordants.

Grenouille. — La grenouille a l'aptitude à l'immobilité; elle ne fait d'actions que lorsqu'elle est sollicitée par une provocation et ne cherche pas à saisir les insectes qu'on introduit un peu de viande dans la plaie; si on pince le pourtour de la plaie, elle se rampe; placée dans l'eau, elle nage parfaitement coordonnée; Elle a conservé le sens de l'équilibre et qu'on incline la planchette, dès qu'elle est sur le point de tomber, elle se rééquilibre (Goltz); si on passe doucement entre les épaules, elle pousse un cri; l'excitation cutanée se reproduit (Goltz) que, si les nerfs optiques sont coupés, les obstacles placés au-devant d'elle.

Pigeons. — Chez les pigeons, l'ablation des hémisphères cérébraux a une sorte de sommeil (fig. 255, p. 14) et la mobilité la plus complète, sauf les mouvements réflexes, ils paraissent s'éveiller, ils ont des mouvements un peu, puis retombent dans le sommeil; ils marchent quand on les pose sur un objet, les sensations paraissent être les mêmes; seulement les perceptions sont différentes; les pigeons ainsi opérés peuvent vivre longtemps et se nourrir; Voit en a conservé plus de 100 jours; il y a une sorte de régénération nerveuse au bout de 100 jours.

Mammifères. — Chez les mammifères, l'ablation des hémisphères cérébraux a été observée, seulement l'opération est difficile et les désordres produits ne tardent pas à apparaître.

En résumé, les mouvements spontanés sont les seuls mouvements qui se produisent.

excitations extérieures; en outre, comme le fait remarquer Onimus, les mouvements ont un caractère de nécessité, de fatalité, pour ainsi

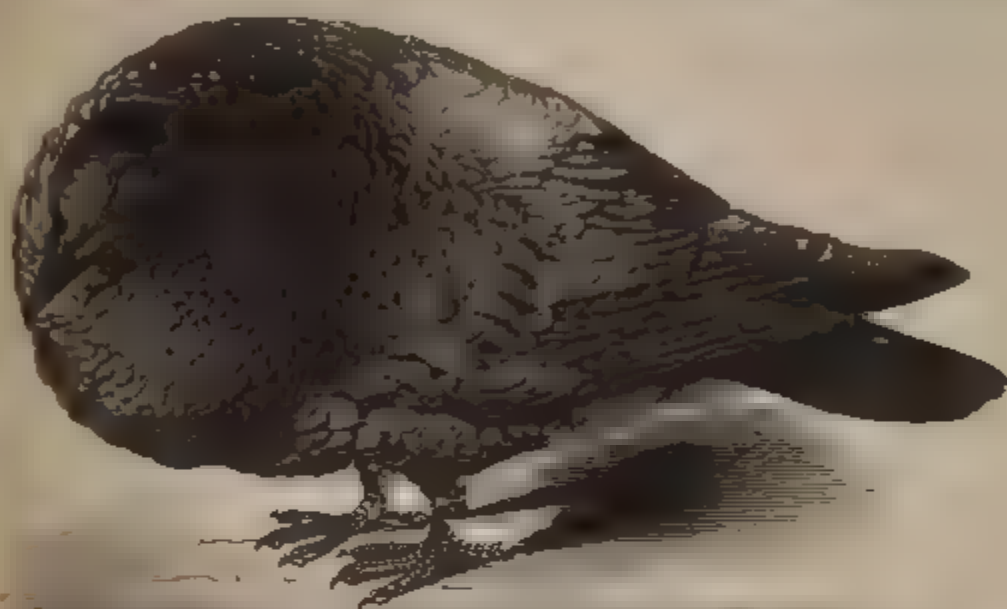


Fig. 255. — Pigeon après l'ablation des lobes cérébraux (Baiton.)

dire, qui manque aux mouvements, toujours un peu capricieux, de l'animal intact, leur type est plus normal, plus régulier, se rapproche plus d'un pur mécanisme. Il y aurait peut-être lieu cependant de faire à ce sujet certaines réserves. L'anesthésie localisée des hémisphères produit le même effet que leur ablation. Chez l'homme, les lésions des hémisphères produisent la paralysie du côté opposé du corps.

Les deux hémisphères ne paraissent pas avoir une activité fonctionnelle égale, en général, l'hémisphère gauche l'emporte en volume sur l'hémisphère droit, ses circonvolutions sont plus compliquées, il contiendrait plus de substance grise (Ogle), et dans quelques cas, on a trouvé ces rapports renversés chez les gauchers; on retrouve en somme pour le cerveau l'inégalité qu'on constate souvent pour les yeux, pour les membres, pour les deux côtés du corps, voir plus loin.

La localisation des diverses fonctions des hémisphères cérébraux est encore très-peu avancée; cependant, sans parler de la phrénologie de Gall, qui ne repose sur aucune base sérieuse, il a été fait dans ces derniers temps quelques tentatives de localisation qui ont donné des résultats assez positifs. Jusqu'ici, cependant, on n'a pu localiser avec une certaine précision que des centres moteurs; ces centres sont les suivants :

1° *Centre du langage articulé.* — Le centre des mouvements du langage articulé se trouve dans les lobes antérieurs Bouillaud, et a

été localisé d'une façon plus précise encore par Dax dans le lobule de l'*insula*, par Broca dans la troisième circonvolution frontale gauche ; il n'y a pas, du reste, dans cette région un seul centre, mais plusieurs centres voisins qui paraissent jouer un rôle dans les divers modes d'expression graphique ou verbale de la pensée ; en effet, les lésions de cette circonvolution s'accompagnent, tantôt de perte de la mémoire des mots ou des signes graphiques qui les rendent, tantôt d'une sorte d'ataxie motrice qui empêche le malade de prononcer ou d'écrire le mot qu'il a dans la mémoire, ou qui lui fait prononcer ou écrire un mot différent de celui qu'il a en idée, affections confondues sous le nom d'*aphasie* et d'*agraphie*. Il y aurait donc, en se basant sur l'analyse physiologique, groupés dans cet espace restreint du cerveau, des centres pour la mémoire des mots et des signes, des centres pour les mouvements de la parole et de l'écriture, et enfin des centres ou des fibres associant l'activité fonctionnelle des premiers centres à celle des seconds. Chez les gauchers on a constaté, dans quelques cas d'aphasie, que la lésion était située dans l'hémisphère droit. Il semble donc qu'originellement les deux hémisphères fonctionnent symétriquement ; mais peu à peu l'un d'eux s'exercerait plus que l'autre et arriverait ainsi à fonctionner seul, l'autre restant inactif.

2° Centres moteurs de Hitzig et Ferrier. — Ces centres, en admet-

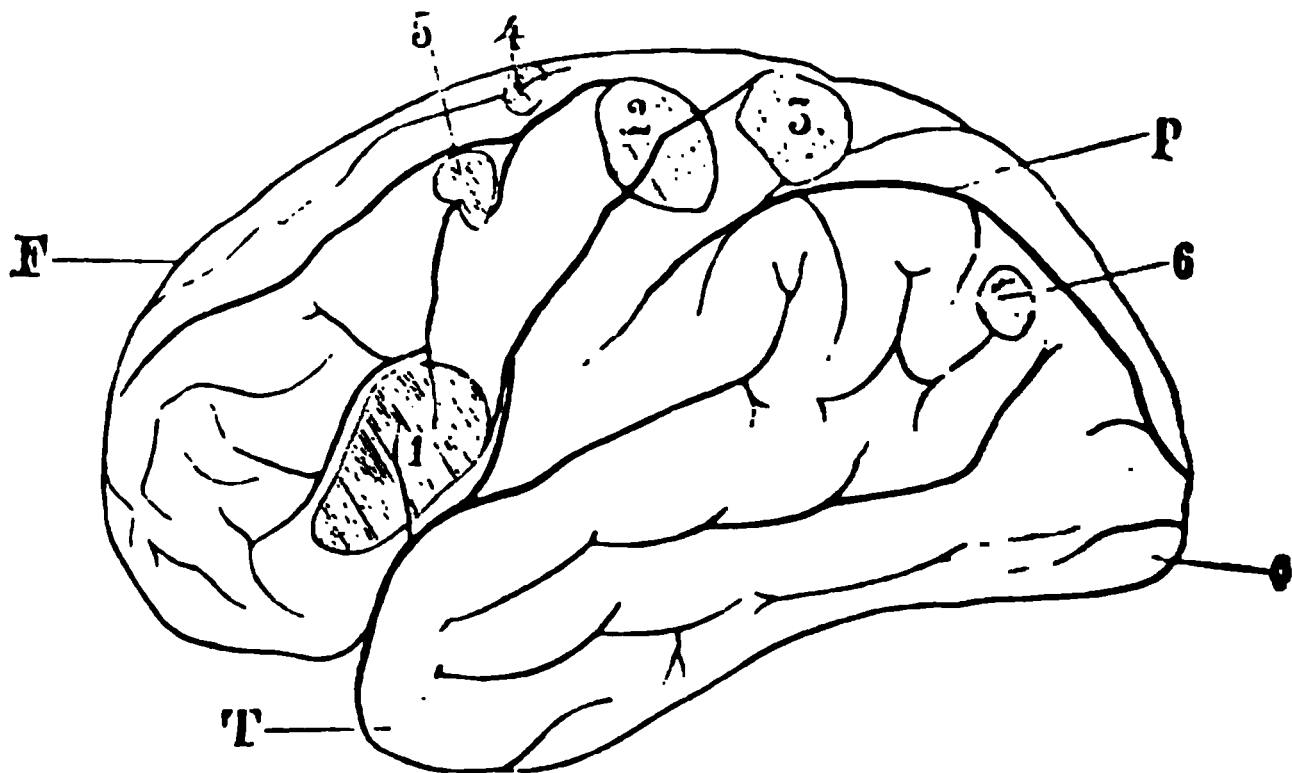


Fig. 256. — Situation probable des centres moteurs chez l'homme.

tant leur existence qui ne me paraît pas absolument démontrée. Ils peuvent être localisés chez l'homme ; cependant, en se basant sur les

Fig. 256. — F, lobe frontal. — P, lobe pariétal. — O, lobe occipital. — T, lobe temporal. — 1, centre des mouvements de la langue et des mâchoires (lang. ge articule). — 2, centre des mouvements du membre supérieur. — 3, centre pour le membre inférieur. — 4, centre pour les mouvements de la tête et du cou. — 5, centre pour les mouvements des bras. — 6, centre pour les mouvements des yeux.

expériences de Ferrier sur le singe, on peut, et c'est ce qu'ont fait Carville et Duret, déterminer leur situation probable chez l'homme ; la figure 256 représente cette situation pour chacun de ces centres. D'après O. Soltmann, l'excitation électrique ne produirait pas de mouvements chez le chien nouveau-né ; les mouvements ne se montreraient que onze à douze jours après la naissance.

Ces essais de localisation cérébrale sont jusqu'ici les seuls qui puissent s'appuyer sur des bases physiologiques, et les seuls par conséquent qu'il soit utile de mentionner.

Dans les conditions ordinaires, la *température du cerveau* est plus élevée que celle du sang artériel (R. Heidenhain). Schiff a fait sur ce sujet des recherches très-intéressantes et montré que les excitations sensorielles (tactiles, visuelles, auditives, etc.) et l'activité psychique s'accompagnent d'une augmentation de la température cérébrale, augmentation indépendante de la circulation. J. S. Lombard, dans des recherches sur la température extérieure de la tête chez l'homme, est arrivé aux mêmes résultats.

Circulation cérébrale et mouvements du cerveau. — Le cerveau est contenu dans une boîte osseuse dont la capacité totale est invariable. La substance cérébrale ne peut subir que des variations de volume insignifiantes ; en effet, une pression de 180 millimètres de mercure, qui anéantit l'existence, détermine une diminution insensible du volume du cerveau. La quantité de sang qui se trouve dans le crâne, au contraire, varie pendant la vie ; si on applique au crâne une couronne de trépan et qu'on remplace la rondelle osseuse par une lame de verre, on voit les veines de la pie-mère se dilater et se rétrécir, suivant qu'on comprime ou qu'on laisse libres les veines de retour (Donders). Il fallait donc dans le crâne une disposition qui rendit possibles ces variations de quantité du sang ; c'est à ce besoin que correspondent les espaces sous-arachnoïdiens et le liquide céphalo-rachidien qui les remplit. Tous ces espaces communiquent entre eux et avec les espaces sous-arachnoïdiens de la moelle et, dès que la quantité de sang augmente dans le crâne, une quantité correspondante de liquide céphalo-rachidien s'échappe, pour lui faire place, dans la cavité rachidienne dont les parois ne sont pas inextensibles comme celles du crâne. Dans les conditions normales, le déplacement de ce liquide a lieu surtout dans les régions où il est le plus abondant, c'est-à-dire à la base du cerveau, et c'est là que se font sentir les influences qui agissent sur la circulation cérébrale ; mais quand les parois du crâne sont encore molles, comme les fontanelles du nouveau-né, ou quand le crâne est ouvert et le cerveau mis à nu, les variations de la circulation et de la pression cérébrales deviennent sensibles sur ces points au doigt et à la vue et se traduisent par une expansion et un retrait qui constituent ce qu'on appelle les mouvements du cerveau. Ces mouve-

ments d'expansion sont de deux espèces : les uns coïncident avec la systole ventriculaire et tiennent aux pulsations des artères de la base, les autres, plus prononcés, sont isochrones à l'expiration, tous deux se reconnaissent pour cause immédiate une augmentation de pression sanguine dans les vaisseaux du cerveau, et comme cette pression est supérieure à la pression atmosphérique, elle détermine un soulèvement du cerveau, comme la peau se soulève dans une ventouse dans laquelle on fait le vide.

Bibliographie. — BOUILLAUD : *Recherches expérimentales sur les fonctions du cerveau* (Journal de physiologie, 1830) — ARNETT : *Considérations sur les localisations cérébrales* — FORT KÉALIX : *Localisation de la faculté sensitive* (Gazette médicale, 1866). — GOLTZ : *Beiträge zur Lehre von den Functionen des Grosshirns* (Zeitschrift für Vergleichende Anatomie, 1869). — CARVILLE : *Leçons cérébrales* (Gazette médicale, 1870) — CRIMUS : *Recherches expérimentales sur les phénomènes qui résultent de l'ablation du cerveau* (Journal de physiologie, 1871) — M. SCHULTZ : *Recherches sur l'échauffement des nerfs des centres nerveux* (Arch. von de phys. exp., 1872) — FERRIER : *Recherches expérimentales sur la physiologie et la pathologie cérébrales* (traduit par DURET, 1874) — E. HILZ : *Untersuchungen über das Gehirn* (1874) — C. CARVILLE et DURET : *Sur les Fonctions des hémisphères cérébraux* (Archives de physiologie, 1875).

Bibliographie générale de l'encéphale et des centres nerveux.

TH. WALLIS : *Cerebri anatome*, 1744 — F. J. GALI : *Sur les Fonctions du cerveau* (1822) — FLOUREN : *Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux* (1824) — F. SERRES : *Anatomie comparée du cerveau* (1825) — MAGENDIE : *Mémoire sur le cerveau* (Journal de physiologie, 1825) — CHAPPE : *Recherches sur l'encéphale* (1836) — P. N. GEBBI : *Recherches sur l'encéphale*, 1838 — LUTRET et CRATONNET : *Anatomie comparée du système nerveux* (1840-1847) — R. WAGNER : *Kritische und experimentelle Beiträge zur Kenntniss der Hirnfunktionen*, 1858. — BROWN SEQUARD : *Causes et le traitement des affections and pathology of the central nervous system*, 1860. — BRANCA : *Sur l'application des injections interstielles à l'étude des fonctions des centres nerveux* (Gazette médicale de Paris, 1872) — P. LANGE : *Leçons sur la physiologie du système nerveux*, 1873 — H. NATHAN : *Experimentelle Untersuchungen über die Functionen des Gehirns*, 1873 et 1874. — LÉVINE : *De la Localisation sur les hémisphères cérébraux*, 1875.

4. — PSYCHOLOGIE PHYSIOLOGIQUE

1. — BASES PHYSIOLOGIQUES DE LA PSYCHOLOGIE

1° Toutes les manifestations psychiques sont liées à l'existence de l'activité de la substance nerveuse du cerveau. Le cerveau ne peut pas la pensée, comme le dit une phrase célèbre, car on ne peut imaginer une sécrétion à un fait de conscience; mais il est très pensable à la production de la pensée que le soit à la production de la bile.

2° L'activité cérébrale peut être consciente ou inconsciente. On remarque à ce sujet que la séparation des phénomènes psychiques en phénomènes conscients et phénomènes inconscients ne se fait pas aussi tranchée qu'on l'admet généralement. Un grand nombre de phénomènes cérébraux, primitivement conscients, deviennent inconscients par la

bitude (voir page 304) ou par leur faible degré d'intensité relativement à d'autres actes. L'activité cérébrale, en un instant donné, représente un ensemble de sensations, d'idées, de souvenirs, dont quelques-uns seulement sont saisis par la conscience d'une façon assez forte pour que nous en ayons une perception nette et précise, tandis que les autres ne font que passer sans laisser de traces durables ; les premiers pourraient être comparées aux sensations nettes et distinctes que donne la vision dans la région de la tache jaune, les autres aux sensations indéterminées que fournit la périphérie de la rétine. Aussi arrive-t-il très-souvent que dans un processus psychique, composé d'une série d'actes cérébraux successifs, un certain nombre de chaînons intermédiaires vient à nous échapper. Quoiqu'il soit de toute évidence que ces actes intermédiaires se produisent peu à peu, par l'habitude nous en arrivons à négliger tout ce qui constitue le mécanisme même du processus cérébral pour ne plus voir que l'acte initial et l'acte terminal ; ainsi dans la parole, dans l'écriture, nous négligeons la série d'opérations intellectuelles intermédiaires entre l'idée initiale et la formation du signe verbal ou écrit qui la représente pour ne nous occuper que de cette idée et de son signe, et cependant, au début, nous avons eu conscience de chacune des opérations successives de ce mécanisme si compliqué. Cette *inconscience*, reconnue déjà, sinon formellement admise, par plusieurs philosophes (*perceptions insensibles* de Leibnitz, *conscience latente* d'Hamilton), joue le plus grand rôle en psychologie ; il me paraît très-probable que la plus grande partie des phénomènes qui se passent ainsi en nous se passent à notre insu, et ce qu'il y a d'important c'est que ces sensations, ces idées, ces émotions, auxquelles nous ne faisons aucune attention, peuvent cependant agir comme excitants sur d'autres centres cérébraux et devenir ainsi le point de départ *ignoré* de mouvements, d'idées, de déterminations *dont nous avons conscience*. Ceci s'accorderait du reste avec cette hypothèse, émise plus haut (page 306), que toutes les actions nerveuses sont primitivement conscientes et deviennent inconscientes par la répétition et l'habitude.

3° L'organisation cérébrale, condition nécessaire des phénomènes psychiques, peut se modifier continuellement sous l'influence des impressions venues soit de l'extérieur, soit de notre corps lui-même. Ces modifications peuvent n'être que temporaires, et le centre nerveux peut, une fois l'excitation passée, revenir à son équilibre primitif ; mais si l'excitation atteint une certaine intensité ou se produit dans certaines conditions, la modification une fois produite peut devenir permanente, et ce centre nerveux ainsi *modifié* réagit autrement qu'il ne l'aurait fait avant la modification.

A l'organisation innée (voir plus loin) se superpose donc une organisation acquise qui varie continuellement de la naissance à la mort

sous l'influence des impressions sensibles. Cette organisation acquise n'est autre chose que ce qu'on appelle *habitude*.

4° Quoique la question des localisations cérébrales soit encore dans l'enfance, on peut affirmer que les divers modes d'activité psychique ont pour organes des parties différentes du cerveau, les régions qui commandent les mouvements sont distinctes de celles qui servent à la réception des impressions sensibles, celles-ci de celles qui engendrent les idées, etc., il y a donc, quoique leur siège et leur nombre n'aient pu encore être déterminés, une série de fonctions cérébrales et d'organes cérébraux correspondant à ces fonctions.

5° Le cerveau de l'enfant nouveau-né contient les différents organes des fonctions cérébrales ; seulement l'existence de ces différents organes n'implique pas la possibilité de leur fonctionnement immédiat, pas plus que l'existence des ovules dans l'ovaire du fœtus n'implique la possibilité de la conception. Quelques-uns de ces organes les centres des mouvements instinctifs, par exemple, peuvent fonctionner immédiatement, comme dans l'action de téter ; d'autres ne fonctionnent que plus tard, au fur et à mesure du développement. Ces organes cérébraux contiennent *virtuellement* une certaine quantité et une certaine qualité d'activité psychique qui pourra se manifester plus tard, plus ou moins modifiée par les impressions postérieures à la naissance. Il y a donc à ce point de vue une organisation cérébrale avec une activité psychique innée, mais il n'y a pas d'idées innées, car les idées ne sont que des rapports entre des perceptions, et les perceptions ne peuvent provenir que de sensations et d'impressions sensibles. L'activité psychique est innée en ce sens que les premières impressions venant du monde extérieur peuvent déterminer immédiatement, en l'absence de toute expérience individuelle préalable, certains actes physiques et psychiques (mouvements instinctifs, mouvements, expression, sensations, perceptions, etc.). En ce sens aussi qu'elles peuvent déterminer rapidement la formation de certaines idées (espace, non pas sous la forme abstraite que leur donne le langage philosophique, mais sous la forme plus concrète de coexistence et de succession ; mais cette *innée* elle-même est *acquise*, elle est le résultat de l'hérédité, cette organisation innée est la résultante des perfectionnements successifs des organes cérébraux dans les générations antérieures, cette activité psychique innée est la résultante de sensations, des idées, des expériences accumulées tout au long de la pièce, de génération en génération, et fixées par l'hérédité. Le mot organisation *native* rendrait beaucoup plus justement la pensée que le mot *innée*. Mais il ne faudrait pas croire avec Huxley que toutes les intelligences sont naturellement et essentiellement égales, qu'elles reçoivent tout du dehors, et que leur inégalité provient de l'inégalité des acquisitions. L'inégalité intellectuelle est *native*.

l'inégalité physique et dépend de l'inégalité cérébrale. Notre activité psychique comprend donc deux choses : une activité virtuelle, native, héréditaire, dépendant de la race, une activité acquise, individuelle, dépendant de l'expérience personnelle et de l'éducation, en prenant ce mot dans son acception la plus large, et la part des deux facteurs doit être faite dans le domaine intellectuel comme dans le domaine physique.

6° Tous les phénomènes psychiques se réduisent, en dernière analyse à un élément initial, la sensation ; les sensations forment le matériel brut de l'intelligence ; elles sont le point de départ des perceptions, des idées, des volitions, des mouvements, en un mot, de tout ce qui constitue l'activité psychique.

2. — DES SENSATIONS.

Les sensations sont des états de conscience déterminés par des excitations provenant soit de l'extérieur, soit de notre propre corps. Quand ces états de conscience sont rapportés par nous à la cause qui leur a donné naissance, elles prennent le nom de *perceptions*.

1° *Intensité des sensations. Loi psycho-physique.*

L'intensité de la sensation dépend de deux conditions : 1° de l'intensité de l'excitation ; 2° du degré d'excitabilité de l'organe sensitif au moment de l'excitation ; aussi deux sensations d'égale intensité peuvent-elles provenir d'excitations d'intensité inégale, et de même deux excitations égales peuvent déterminer deux sensations d'inégale intensité. Mais, même en supposant l'excitabilité égale, l'intensité de la sensation n'augmente pas proportionnellement à l'intensité de l'excitation ; on éprouve une vive sensation lumineuse si on allume une bougie dans l'obscurité ; l'introduction d'une bougie, dans une chambre très-éclairée, ne détermine aucune augmentation de la sensation lumineuse. Quand l'excitation devient double, triple, quadruple, etc., la sensation ne devient pas double, triple, quadruple, etc ; l'expérience apprend que l'intensité de la sensation croît beaucoup plus lentement que l'excitation qui la provoque, et les recherches de Weber, Fechner, etc., ont permis de formuler la *loi psycho-physique* suivante : *la sensation croît comme le logarithme de l'excitation* ; autrement dit, quand l'excitation devient 10, 100, 1.000 fois plus considérable, la sensation devient seulement 1, 2, 3 fois plus forte.

La loi psycho-physique n'est vraie cependant que dans certaines limites ; au-dessous d'une certaine intensité d'excitation, il n'y a pas

certaine quantité ; on répète l'expérience un grand nombre de fois ; on fait la somme de toutes les erreurs (positives et négatives) et on divise cette somme par le nombre des essais ; le résultat donne l'erreur moyenne (¹).

Le minimum d'excitation nécessaire pour déterminer une sensation varie naturellement suivant la nature même des sensations. On a cherché à apprécier ce minimum, et le tableau suivant représente pour les différentes sensations les valeurs trouvées par l'expérience :

Sensations tactiles : pression de 0^{er},002 à 0^{er},05 ;

Sensations de température : 1/8° de degré, la peau étant supposée à la température de 18°,4 ;

Sensations auditives : balle de liège de 1 milligr. de poids, tombant de 1 millim. de hauteur, à une distance de 91 millim. de l'oreille.

Sensations musculaires : raccourcissement de 0^{mm},004 du droit interne de l'œil.

Sensations visuelles : lumière 30 fois plus faible que celle de la pleine lune, ou éclairage d'un velours noir par une bougie située à 0^m,513.

Les données précédentes étant connues, il est facile de trouver la valeur de la sensation *S* à l'aide de la formule suivante où *K* représente une quantité constante, *r* l'intensité de l'excitation, *q* le minimum perceptible ; on a : $S = K \log \frac{r}{q}$. Delbœuf a donné une formule un peu différente de celle de Fechner (²).

2° *Extériorité et objectivité des sensations.*

Nous rapportons nos sensations au monde extérieur ou à notre propre corps ; nos sensations ne sont primitivement que des états de conscience, et ce n'est que par l'exercice et par la comparaison des sensations diverses les unes avec les autres que nous arrivons à rapporter ces sensations à une cause déterminée. Il faut, à ce point de vue, distinguer les sensations qui, comme celles de la vue, de l'ouïe, sont *projetées* à l'extérieur, de celles qui, comme les sensations tactiles, gustatives, etc., sont rapportées à la périphérie de notre corps, et de celles qui, sous le nom de sensations internes et de besoins, sont rap-

(¹) La loi psycho-physique paraît susceptible d'applications plus étendues encore aux phénomènes psychiques. Laplace avait déjà dit depuis longtemps que « la fortune morale est proportionnelle au logarithme de la fortune physique. »

(²) Voir, pour plus de détails, les traités cités dans la bibliographie, et, en particulier, les ouvrages de Fechner, Wundt et Delbœuf.

Cette distinction de notre corps et du monde extérieur repose sur les faits suivants : quand nous touchons un objet extérieur, nous n'avons qu'une seule sensation, rapportée au point du corps qui touche l'objet ; quand nous touchons un point du corps, au contraire, nous avons deux sensations, l'une au point qui touche, l'autre au point touché. Dans la distinction du moi et du non-moi, le sens musculaire, dont l'importance a été méconnue par la plus grande partie des philosophes, joue le principal rôle ; dans les sensations visuelles, auditives, etc., nous sommes *passifs* ; dans les contractions musculaires, au contraire, nous sommes *actifs* ; ces sensations s'accompagnent toujours d'une *impression d'effort* bien distincte ; à l'état de conscience — sensation musculaire — s'ajoute un autre état de conscience, d'un caractère particulier, qui nous donne la perception d'une résistance vaincue ; dans le premier cas, nous sommes un simple appareil de réception, dans le second, à la réceptivité se joint quelque chose de plus, germe obscur de l'idée du *moi*. En effet, sans cette sensation musculaire, les sensations ordinaires ne pourraient ni se localiser, ni s'extérioriser ; les sensations tactiles, visuelles et auditives ne seraient rien sans le sens musculaire, tandis qu'une seule de ces sensations, pourvu que le sens musculaire s'y joigne, suffit pour le développement de l'intelligence.

C'est de cette idée de moi que dérive la personnalité individuelle. Le *Moi*, comme dit Taine, « c'est la série d'événements et d'états successifs, sensations, images, idées, perceptions, souvenirs, prévisions, émotions, désirs, volitions, liés entre eux, provoqués par certains changements de mon corps et des autres corps. » Le *Moi* c'est la cohésion dans le temps d'une série d'états de conscience conservés par la mémoire ; mais cette idée du moi n'est pas quelque chose de spécial en dehors et au-dessus de ces états de conscience, et il n'y a pas entre le *moi-sujet* et le *moi-objet*, entre le moi et les états de conscience, la distinction faite par quelques philosophes. Cette idée de moi chez le nouveau-né existe à peine. Chez l'enfant elle se borne à un intervalle de quelques heures, et si cette notion de notre personnalité nous paraît s'étendre sans discontinuité depuis la naissance jusqu'à l'heure actuelle, c'est que dans l'état social où nous vivons, chaque chose autour de nous nous rappelle ce que nous étions ; mais même, malgré cela, que de lacunes dans cette continuité apparente, et combien notre existence passée laisse en nous de mois, d'années même, dans lesquelles notre personnalité nous échappe !

Cette idée de moi est donc acquise par l'expérience, elle est la résultante d'un certain nombre d'actes cérébraux, centralisés peut-être dans un organe cérébral particulier ; aussi peut-on voir, dans certaines maladies mentales, cette idée du moi s'affaiblir et disparaître, fait à peu près inexplicable si on considère le moi comme une entité indivisible et indestructible.

3. — DES IDÉES.

Les idées ne sont que des rapports entre des perceptions (actuelles ou remémorées); elles supposent l'existence préalable de sensations; la sensation est donc l'élément initial de l'intelligence. Ces idées peuvent être individuelles, particulières, ou bien générales, abstraites, mais les idées générales ne sont, suivant l'expression de Berkeley, que des idées particulières annexées à un terme général qui leur donne une signification plus étendue et qui réveille à l'occasion d'autres idées individuelles semblables. Il y a déjà, dans l'idée particulière d'un objet, d'une bille, par exemple, tout un ensemble de sensations, visuelles, tactiles, musculaires, etc., de nature différente (couleur, poli, poids, résistance, forme, etc.). Une idée générale, celle d'une boule, par exemple, se compose d'un ensemble d'idées particulières de boules de grandeur, de couleur, etc., variables, dans chacune desquelles une seule sensation, la même pour toutes, est retenue par l'intelligence, tandis que les autres sont laissées de côté; ainsi les notions particulières de couleur, de poli, de résistance, etc., disparaissent et l'on ne voit que le corps rond, c'est-à-dire le corps que la main peut parcourir et palper en déterminant en nous une certaine succession de sensations musculaires et tactiles qui se répète avec les mêmes caractères pour toutes les boules. Les idées générales et les idées particulières ne sont donc pas séparées les unes des autres par un abîme infranchissable; les premières dérivent immédiatement des secondes, et les secondes dérivent immédiatement de la sensation. Il en est de même des idées abstraites, qui ne sont qu'un degré supérieur des idées générales.

Ce qui a obscurci cette question, c'est que la plupart des psychologues confondent à tort les idées générales et abstraites et l'expression de ces idées par le langage. Les idées générales de temps, d'espace, de coexistence, de succession, etc., existent aussi bien chez l'enfant que chez l'adulte, chez le sauvage que chez l'homme civilisé, chez l'animal que chez l'homme; et ces relations sont chez tous la condition *sine qua non* de tous leurs actes psychiques; mais ce qui leur manque, c'est la formule, c'est l'expression verbale ou écrite de ces relations, de ces idées abstraites. Quoi qu'en disent les philosophes, il n'est pas nécessaire, pour que l'idée abstraite existe, que le langage lui donne une formule, et on peut, comme le prouve l'observation des sourds-muets non éduqués, penser parfaitement sans langage et sans signes.

Les idées étant des relations entre des sensations actuelles ou remémorées, il est probable que les centres cérébraux dans lesquels ces idées prennent naissance sont distincts des centres auxquels aboutissent ou dans lesquels s'emmagent les sensations; mais jusqu'ici la détermination de ces centres est absolument impossible. Tout ce

qu'on sait, c'est que les idées ont u les autres ; que certaines idées ont d idées, et que ces associations, qui jo logie, sont très-probablement en ra miques entre les divers centres céré raine (école associationiste) reconn idées, par ressemblance, par contigu et par causalité ; mais, comme le l faits d'association se rattachent, en d l'habitude, en vertu de laquelle les dent à se reproduire de nouveau.

La volonté n'a que fort peu d'influ d'une façon directe, et le mécani associations nous échappe même l exemple quand on cherche un mot q une idée qui ne se présente pas r apparaissent très-souvent subiteme ait conscience du mécanisme par leq

Cette loi de l'association ou de l'ha et il est très-probable, quoique la impossible, que les phénomènes int de raisonnement, d'imagination sont déterminées que tous les autres pl donc pas lieu d'admettre ces facu sortes de personnalités indépendan les autres jusqu'à ce qu'une faculté décidant entre elles ; il n'y a que des faits psychiques conduira aux k faits physiques a conduit aux lois pl

4. — DE L'EXPRESSI

Le langage n'est qu'un mode d (page 618), que le langage ne peut se sion ; il n'en est qu'un cas partic importance et des rapports intimes préférable de l'étudier à part.

1° *De l'expressio*

La multiplicité des mouvements , différentes émotions rend leur éti

traité élémentaire. Je me contenterai de renvoyer aux ouvrages de Darwin et de Duchenne et de rappeler seulement les principes qui, d'après Darwin, régiraient la manifestation de ces mouvements.

Darwin rattache l'expression des émotions aux trois principes généraux suivants :

1° Un grand nombre de mouvements émotionnels ont été primitivement des mouvements volontaires accomplis dans un but utile à l'individu; peu à peu, par l'habitude, ces mouvements volontaires se sont associés aux sentiments qui leur avaient donné naissance et sont devenus machinaux et instinctifs; enfin ces mouvements associés se sont transmis par hérédité. Ainsi l'acte de serrer les poings a été primitivement volontaire au moment de combattre un ennemi; cet acte s'est associé peu à peu au sentiment de la colère et est devenu machinal; il s'est transmis ainsi par hérédité et aujourd'hui encore nous serrons les poings quand nous sommes en colère comme pour combattre un ennemi absent.

2° Dans certains cas, les mouvements d'expression sont l'opposé des mouvements que produit le sentiment contraire à celui que l'individu éprouve. Ainsi, pour témoigner sa joie, un chien emploie des mouvements contraires à ceux qui expriment la colère. C'est ce que Darwin appelle le principe de l'antithèse; cependant la plupart des cas cités par Darwin paraissent susceptibles d'une autre interprétation.

3° Enfin, certains mouvements qui ne rentrent dans aucun des cas précédents ne peuvent s'expliquer que par l'intervention d'une action nerveuse involontaire (diffusion nerveuse de Bain); telles sont les larmes, l'action des émotions sur le cœur, etc.

Bain fait appel aussi, pour certains mouvements d'expression, au principe de la spontanéité des mouvements et à l'exubérance de vie musculaire (gambades d'un poulain, d'un chien, d'un enfant.)

2° *Du langage.*

Le langage peut se diviser en langage émotionnel et langage rationnel. Le langage *émotionnel* n'est qu'une forme de l'expression des émotions et rentre par conséquent dans le paragraphe précédent; ce langage émotionnel est très-développé chez l'enfant, le sauvage, et, d'après Max Müller, existerait seul chez l'animal et constituerait ainsi une limite tranchée entre l'animal et l'homme.

Le langage rationnel, au contraire, est le pouvoir de construire et de manier des concepts généraux; il serait spécial à l'homme et, suivant M. Müller, « le point où finit l'animal et où l'homme commence est déterminable avec la précision la plus rigoureuse, parce qu'il a dû coïncider avec le commencement de la période du langage à radicaux ». Mais est-il vrai qu'il soit impossible de passer du langage émotionnel au langage

quand, par la répétition, la durée de ces trois actes successifs est très-courte, le terme intermédiaire, c'est-à-dire l'idée du mouvement futur, disparaît, soit qu'elle se confonde avec la notion même du mouvement, soit que sa durée soit trop brève pour que nous en ayons conscience; on sait en effet qu'une excitation doit avoir une certaine durée pour être perçue.

Quant à la question de la volonté libre, ou du libre arbitre, c'est-à-dire à « la faculté de se déterminer avec la conscience qu'on pourrait se déterminer autrement », c'est une question d'un tout autre ordre, que la science ne peut résoudre actuellement et à laquelle chacun peut, dans son for intérieur, donner la solution qui lui plaira. Il ne faut pas oublier cependant qu'une grande partie des phénomènes psychiques qui se passent en nous nous échappent, et qu'il n'y a pour ainsi dire pas de manifestation psychique qui ne soit accompagnée d'un peu d'émotion, autrement dit qu'il doit arriver très-souvent que les déterminations qui nous paraissent les plus libres ne soient en réalité que la résultante de notre organisation native, de notre éducation et de sensations ou d'émotions actuelles dont nous n'avons pas conscience. Les statistiques prouvent que les faits qui paraissent soumis uniquement à la volonté humaine, comme les mariages, les crimes, les suicides, etc., se produisent avec une étonnante régularité et sont soumis à des causes et à des lois parfaitement déterminées. La volonté joue du reste dans nos actions une influence bien moins grande que nous ne le croyons nous-mêmes; notre vie, nos pensées, nos actions sont bien plus souvent machinales que volontaires et raisonnées, et, étant connus le caractère et les habitudes de la plupart des hommes, on peut prédire à coup sûr, dans la majorité des cas, la détermination qu'ils prendront dans une circonstance donnée. Il est de toute évidence que l'homme a le pouvoir de faire ce qu'il désire, mais est-il libre de désirer ou de ne pas désirer, est-il maître de ses émotions? Mais ce que nous pouvons, et c'est en cela que consiste surtout la volonté, c'est arriver, par le développement de l'intelligence, à prévoir les conséquences de nos actes de façon que l'idée des inconvénients futurs d'un acte donné soit assez puissante pour contre-balancer l'impulsion qui nous pousse à accomplir cet acte; ce que nous pouvons, c'est nous placer dans des circonstances telles que les impulsions nuisibles qui peuvent exister virtuellement en nous et que nous connaissons, n'aient pas l'occasion de se développer et de produire leurs conséquences fâcheuses pour nous ou pour les autres.

6. — VITESSE DES PROCESSUS PSYCHIQUES.

On a vu (page 299) que la transmission nerveuse demande un certain temps et que l'excitation motrice parcourt environ 33 mètres par

seconde, l'excitation sensitive 30 à 35. On a cherché à calculer, par les mêmes procédés, la durée des processus psychiques les plus simples. Le temps qui s'écoule entre une excitation sensitive et le mouvement qui sert de signal et qui indique que l'individu en expérience a perçu la sensation, comprend la série d'actes suivants, qui ont tous une certaine durée, fraction déterminée de la durée totale du processus d'energie :

1° Durée de l'excitation latente de l'appareil sensitif : cette durée est très-courte ; pour les sensations visuelles, elle serait de 0,02 à 0,04 seconde ;

2° Durée de la transmission sensitive depuis l'appareil sensitif jusqu'aux centres nerveux, cette durée est connue ;

3° Durée de la transmission sensitive dans la moelle : cette durée est d'environ 0,1749 seconde pour les excitations partant du pied 0,1281 pour la main, ce qui donne pour la vitesse de la transmission sensitive dans la moelle 8 mètres environ par seconde par conséquent une vitesse bien moindre que pour les nerfs ;

4° Durée de la transmission cérébrale et des actes cérébraux.

5° Durée de la transmission motrice dans la moelle, elle est pour le pied de 0,1506 seconde, pour la main de 0,1840, ce qui donne une vitesse de 11 à 12 mètres par seconde ;

6° Durée de la transmission motrice depuis la moelle jusqu'au muscle ; elle est connue ;

7° Durée de l'excitation latente du muscle ; cette durée est connue aussi.

La durée de l'acte cérébral s'obtiendra donc en retranchant de la durée totale du processus toutes les durées partielles 1, 2, 3, 5, 6 et 7. Exner a trouvé de cette façon les chiffres suivants (l'âge des individus en expérience est placé entre parenthèses après chaque chiffre) : 0,2053 seconde (20 ans), 0,0775 (22), 0,2821 (23), 0,1231 (24), 0,0828 (25), 0,0901 (33), 0,9426 et 0,3040 (36). On voit d'après ces chiffres que la durée d'un même acte cérébral varie suivant les individus et suivant certaines conditions encore peu déterminées, mais où l'âge paraît jouer un rôle important. Ces différences avaient déjà été constatées par les astronomes (Maskelyne, Bessel, etc.) Il y a toujours en effet entre le passage réel d'un astre devant le fil de la lunette et l'appréciation de ce passage par l'astronome un écart qui constitue ce qu'on a appelé *erreur* ou *équation personnelle*. Cette erreur est constante pour un observateur donné, mais elle varie suivant les observateurs, et peut être réduite par l'exercice (Wolff).

F. C. Donders a imaginé, pour mesurer le temps nécessaire pour les actes psychiques, deux instruments, l'un, le *nomaturodometre* destiné à donner le minimum de temps nécessaire pour une idée simple, l'autre, le *nomatachographe*, destiné à déterminer la durée d'opérations plus ou moins complexes de l'esprit. *Journal de l'Anatomie*, 1864.

7. — DU SOMMEIL.

Les centres nerveux encéphaliques présentent deux états distincts qui se succèdent avec une périodicité assez régulière, l'état de veille et l'état de sommeil. Quand le sommeil est profond, tous les phénomènes de l'activité psychique sont abolis et l'individu se trouve, au point de vue fonctionnel, dans une situation analogue à celle des animaux auxquels on a enlevé les hémisphères ; toutes les fonctions de nutrition, digestion, respiration, circulation, etc., continuent ; les excitations sensibles déterminent des mouvements purement réflexes, en un mot les hémisphères cérébraux cessent de fonctionner comme l'estomac cesse de sécréter dans l'intervalle de deux digestions. Cet état de sommeil profond ne se montre guère que dans les premiers moments du sommeil ; puis peu à peu le sommeil devient moins profond et les hémisphères cérébraux peuvent fonctionner, mais toujours d'une façon incomplète comme dans le rêve, sous l'influence d'excitations sensibles externes ou internes ; le souvenir seul peut nous apprendre s'il y a des idées formées pendant le sommeil, mais l'observation des dormeurs nous apprend qu'une grande partie des rêves, des idées, des paroles qui ont accompagné le sommeil ne laissent pas de trace dans la conscience, de sorte qu'il est impossible de dire si, même dans le sommeil le plus profond, le repos du cerveau est absolu.

Le besoin de sommeil se traduit par une série de sensations que chacun connaît par expérience : sensations musculaires des muscles de la paupière supérieure, sensations des muscles sous-hyoldiens qui précèdent le bâillement ; pesanteur des membres et de la tête ; affaiblissement de la sensibilité et surtout de la sensibilité tactile et musculaire, etc., etc. Pendant le sommeil, le pouls devient moins fréquent, la respiration plus rare, l'élimination d'acide carbonique diminue. L'état de la circulation cérébrale a donné lieu à des controverses qui ne sont pas encore tout à fait terminées. Durham, Hammond, Ehrmann, etc., admettent qu'il y a anémie cérébrale et que le cerveau reçoit moins de sang pendant le sommeil ; d'autres auteurs, au contraire, croient qu'il y a une congestion du cerveau, et s'appuient surtout sur la congestion de la conjonctive et la constriction de la pupille observées pendant le sommeil, phénomènes qui indiqueraient une paralysie du sympathique (Langlet) ; cependant la plupart des physiologistes semblent aujourd'hui se rattacher à l'idée d'une anémie cérébrale.

La fatigue, tant physique que psychique, l'affaiblissement des excitations extérieures (obscurité, silence, etc.), la répétition des mêmes impressions (monotonie), le froid, la chaleur, la digestion, certaines substances (soporifiques) produisent le sommeil. Mais sa cause réelle est

encore indéterminée. Est-il dû à la simple fatigue des centres nerveux ou des nerfs, comme la fatigue d'un muscle amène une diminution d'instabilité musculaire qui ne reparait que quand, par le repos, le muscle a pu éliminer les produits acides de sa contraction ? Ou bien faut-il invoquer la circulation cérébrale, l'anémie suivant les uns, la congestion suivant les autres ? Faut-il, avec Sommer, le rattacher à la diminution de la provision d'oxygène qui, d'après les recherches de Pettenkofer, s'accumulerait pendant le sommeil pour se dépenser pendant la veille ? Toutes ces hypothèses, ainsi que celles de Kohlschöter, Bornstein, Heide, Pfüger, etc., n'expliquent pas complètement tous les faits et il me paraît inutile de les exposer ici.

Bibliographie. — CABANIS : *Rapports du physique et du moral*. — *Physiologie philosophique des sensations et de l'intelligence*. — *Elemente der Psychophysik*. — DECHENNE : *Le Mécanisme de la physiologie*. — TAINÉ : *De l'Intelligence*. — DEBRUIY : *Recherches théoriques et expérimentales sur la mesure des sensations*, 1873, et *Théorie générale de la sensibilité*. — WERNER : *Menschen- und Thierseelen Grundriss der physiologie nach L. v. Moleschott*. — A. KANT : *Les Sens et l'Intelligence, l'Esprit et le Corps*. — Les *Evolutionistes*. — H. SPENCER : *Principes de psychologie*. — DARWIN : *L'Expression des émotions*. — LYNN : *Etudes de physiologie cérébrale*. Voir aussi la bibliographie générale du système nerveux et les ouvrages de psychologie.

ARTICLE QUATRIÈME. — PHYSIOLOGIE DE LA REPRODUCTION.

La physiologie de la reproduction comprend quatre séries d'actes successifs : 1° la formation des éléments reproductifs mâle (spermatozoïde) et femelle (ovule) ; 2° l'union de ces deux éléments ou fécondation ; 3° les modifications qui se passent du côté de l'embryon, soit du côté de la mère, depuis la fécondation jusqu'à l'expulsion du fœtus ; développement embryonnaire et grossesse ; 4° l'expulsion du fœtus ou l'accouchement.

A DES ÉLÉMENTS DE LA REPRODUCTION

1 — DES SPERMATOZOÏDES.

Le mode de formation des spermatozoïdes est étudié dans les traités d'anatomie et d'histologie, auxquels je renvoie. À leur développement complet (fig. 257, p. 1033), ils ont une forme allongée et se composent : 1° d'un renflement antérieur, tête, aplati, la pointe tournée en avant ; 2° d'un appendice latéral, ou queue, d'abord un peu renflé, puis aplati et se terminant

pointe à peine visible.



Fig. 2. Spermatozoa.
(Voir page 1102.)

Ils sont formés par une substance homogène réfringente. Ils sont doués de mouvements rapides, comme spontanés, dus aux ondulations de la queue. Ils parcourent 0^m,001 par minute, et d'après une observation de Sims, ils peuvent arriver en trois heures de l'orifice de l'hymen au col de l'utérus. Leurs mouvements sont assez puissants pour déplacer des cristaux calcaires dix fois plus gros qu'eux. Ils peuvent persister sept à huit jours dans les organes génitaux de la femme, et on les retrouve encore sur le cadavre vingt-quatre heures après la mort. Ces mouve-

ments sont favorisés par les solutions alcalines modérément concentrées et détruits par l'eau et les liquides acides.

Les spermatozoides, d'après Mantegazza, ne se montrent guère dans le sperme avant l'âge de 18 ans, un peu plus tôt cependant (15 ans) d'après d'autres auteurs. Ils peuvent exister dans le sperme jusque dans un âge très-avancé ; entre 60 et 80 ans, on a constaté leur présence dans la moitié des cas (Duplay, Dieu-

2. — OVULATION ET MENSTRUATION.

L'ovaire de la femme contient, depuis 15 ans jusqu'à 46 ans environ, des ovules susceptibles d'être fécondés. Tous les vingt-huit jours, en moyenne, un ovule s'échappe de l'ovaire par la rupture de la vésicule de de Graaf qui le contenait, et cet ovule est recueilli par la trompe. Cette rupture de la vésicule de de Graaf et cette chute de l'ovule s'accompagnent, du côté de l'utérus, de phénomènes particuliers et spécialement d'un écoulement sanguin qui constitue la menstruation proprement dite (regles, période menstruelle).

1° Rupture de la vésicule de de Graaf et chute de l'ovule.

La structure et le développement des vésicules de de Graaf et de l'ovule sont étudiés dans les traités d'anatomie (Voir : Beaunis et

Bouchard : *Anatomie*, 2^e édition, pages 874 et suivantes. À chaque période menstruelle, l'ovaire devient plus vasculaire, la vésicule de de Graaf se dilate et fait peu à peu saillie à la surface de l'ovaire jusqu'à ce qu'elle atteigne à maturité la grosseur d'une cerise; bientôt la paroi de la vésicule s'amine au niveau de la partie saillante, tandis que les parties profondes au contraire s'hyperemient et deviennent plus vasculaires; enfin, sous la pression excentrique du liquide de la vésicule, une petite fente se produit sur la partie amincie et l'ovule s'échappe, entouré par les cellules du cumulus prolifère. Les causes qui déterminent la maturité et la rupture de la vésicule de de Graaf sont encore très-obscurcs. Cette rupture paraît se faire principalement à la fin des règles. Sappey, le coit peut la déterminer et l'accélérer sans cependant que son intervention soit nécessaire pour la produire.

Les modifications que subit la vésicule de de Graaf et la formation du corps jaune sont étudiées en anatomie.

2^e Menstruation.

Pendant la période menstruelle, l'utérus est le siège d'une fluxion temporaire et de phénomènes particuliers. Il augmente de volume, sa muqueuse s'épaissit considérablement et se vascularise; elle prend un aspect criblé dû aux orifices élargis des glandes utérines hypertrophiées, son adhérence au tissu péri-utérin diminue, son épithélium se détache et même, dans quelques cas, une partie de l'épaisseur de la muqueuse tombe avec lui sous forme de membrane continue; en même temps ses capillaires se déchirent et fournissent le sang menstruel. Cet écoulement sanguin, qui est le phénomène caractéristique extérieur de la menstruation, dure en moyenne de trois à cinq jours et la quantité de sang peut varier de 100 à 200 grammes. Les trompes et le vagin participent aussi à cet état congestif de l'utérus.

La menstruation s'accompagne de phénomènes locaux et généraux; la femme éprouve une sensation de pesanteur et de chaleur dans la région pelvienne et des douleurs abdominales (crampes utérines), les seins sont gonflés et tendus, le pouls est fréquent, le choc du cœur plus fort, la respiration accélérée, la sueur a une odeur spéciale, la miction est plus fréquente.

quantité d'urée est diminuée ; les traits sont fatigués ; il y a un sentiment de lassitude générale ; l'excitabilité nerveuse et psychique est augmentée.

Il y a une relation intime entre la menstruation et l'ovulation ; cependant les deux actes ne sont pas liés indissolublement l'un à l'autre ; il peut y avoir, en effet, exceptionnellement, ovulation sans menstruation et menstruation sans ovulation ; ainsi on a observé des cas de menstruation après l'extirpation des deux ovaires ; mais ces cas exceptionnels ne peuvent infirmer la loi générale, quoique le lien qui rattache ces deux actes l'un à l'autre nous échappe (sang, système nerveux ?). Pflüger compare la menstruation à une greffe chirurgicale ; la surface interne de l'utérus, dénudée et saignante, représenterait une véritable plaie d'inoculation par laquelle la nature greffe l'ovule fécondé sur l'organisme maternel ; mais il y a plutôt là une comparaison ingénieuse qu'une explication réelle.

La menstruation peut être rapprochée des phénomènes du *rut* chez les animaux. C'est en effet à l'époque du rut que se fait chez eux l'ovulation et la rupture de la vésicule de de Graaf, et chez beaucoup d'espèces animales, cette rupture s'accompagne d'un écoulement sanguin par les parties génitales.

La menstruation est suspendue pendant la grossesse et l'allaitement ; cette suspension coïncide avec un arrêt de l'ovulation. Quand la femme n'allait pas, les règles reparaissent en général six semaines après l'accouchement.

3^e Puberté et ménopause.

L'apparition de la fonction menstruelle et l'ovulation qui l'accompagne ne se font qu'à la puberté, et habituellement vers l'âge de 15 à 16 ans ; la disparition de ces deux actes, ou la *ménopause*, a lieu vers 46 ans environ. La période de fécondité de la femme comprend donc 30 à 31 ans en moyenne, et est par conséquent beaucoup moins étendue que chez l'homme.

La puberté, chez la femme, modifie non-seulement les organes génitaux, mais réagit aussi sur presque toutes les parties de l'organisme, système pileux, mamelles, larynx, etc., et sur la plupart des fonctions. La puberté est plus précoce dans les villes que dans les campagnes, dans les climats chauds que dans les

climats froids ; on cite même des cas exceptionnels de jeunes filles réglées à 8, 4 et 2 ans menstruations enfantines sans qu'on puisse affirmer cependant qu'il y ait là une véritable ovulation ; Haller a cependant observé un exemple de grossesse chez une fille de 9 ans.

La ménopause a lieu entre 42 et 50 ans (46,35 en moyenne). Dans la plupart des cas (70 fois sur 100), la ménopause s'étale peu à peu ; les règles cessent, puis reviennent pour disparaître définitivement, et cette période de transition dure de 6 à 11 ans. Cette cessation des règles et de l'ovulation retentit sur tout l'organisme, et spécialement sur les organes génitaux ; les ovaires s'atrophient, ainsi que l'utérus ; les parties génitales externes se flétrissent et perdent leur excitabilité, les poils du pubis tombent et chussent et tombent ; les seins s'affaissent, la voix prend un timbre plus accentué, le système pileux extra-génital se développe, etc., en somme, les caractères de la sexualité tendent à s'affaiblir et à disparaître.

4° *Excrétion ovulaire.*

L'excrétion ovulaire comprend deux stades : la chute de l'ovule dans le pavillon de la trompe, et la progression de cet ovule depuis le pavillon de la trompe jusqu'à l'utérus.

A sa sortie de la vésicule de de Graaf, l'ovule est recueilli par la trompe ; mais le mécanisme de ce phénomène est encore à être bien expliqué. Il est probable que le pavillon vient se placer sur la surface de l'ovaire, soit par une sorte d'écoulement de la trompe (Haller), soit plutôt par l'action des fibres lisses de la trompe ou tubo-ovariennes (Rouget), mais l'ouverture du pavillon peut embrasser toute la surface de l'ovaire, et il est assez difficile d'expliquer comment le pavillon va juste se placer sur le point où va se rompre la vésicule de de Graaf arrivée à sa maturité, au lieu d'admettre que les franges de la trompe ne parcourent la surface de l'ovaire par une sorte de mouvement de reptation et de rampe, minent ainsi, par cette excitation mécanique, la rupture de la vésicule de de Graaf. Il est encore plus difficile d'expliquer dans lesquels il n'a pu y avoir d'application du pavillon à l'ovaire, ainsi quand un ovule provenant d'un ovaire est recueilli par la trompe du côté opposé.

La progression de l'ovule, du pavillon de la trompe jusqu'à l'utérus, se fait sous l'influence des cils vibratiles de la trompe, dont les mouvements le dirigent vers la cavité utérine. Quoique la durée de ce parcours soit presque impossible à déterminer, on peut cependant, en réunissant les observations, l'évaluer de deux à dix jours en moyenne (Sims).

Bibliographie. — COSTE : *Embryogénie comparée*, 1837. — NÉGRIER : *Recherches anatomiques et physiologiques sur les ovaires*, 1840. — POUCHET : *Théorie positive de l'ovulation spontanée*, 1847. — RACIBORSKI : *Traité de la menstruation*, 1868.

B. — FÉCONDATION.

1. — DU COÏT.

Pour que les spermatozoïdes aillent féconder l'ovule, il faut que le sperme arrive dans la cavité utérine ; c'est là le but du coït. Pour que l'acte du coït puisse s'effectuer, il faut que le pénis du mâle présente une certaine rigidité, soit en état d'érection. L'érection doit donc précéder le coït, et le coït lui-même a pour terme final l'éjaculation.

1° *De l'érection.*

Chez l'homme, l'érection porte sur les corps caverneux du pénis et sur le corps spongieux de l'urèthre (bulbe et gland). Le pénis acquiert alors un volume 4 à 5 fois plus considérable que le volume habituel ; il est dur, rigide, chaud, et présente une courbure qui s'accommode à la courbure du vagin. Cette érection s'accompagne en outre d'une excitabilité beaucoup plus grande de la muqueuse du gland et du prépuce.

Le mécanisme de l'érection est très-controversé. Les mailles du tissu caverneux sont gorgées de sang, et cette augmentation de quantité de sang paraît tenir à deux causes : 1° à un afflux sanguin plus considérable par les artères dilatées, 2° à des obstacles au retour du sang veineux ; mais les causes de cette dilatation artérielle et de cette obstruction veineuse sont très-obscurcs.

Pour ce qui concerne la *dilatation artérielle*, certains auteurs (Kolliker) la considèrent comme une *paralysie* vasculaire réflexe analogue à celle qu'on observe dans les cas de rougeur de la face, par exemple ; d'autres auteurs admettent l'intervention de nerfs vaso-dila-

pour résultat un frottement mécanique du gland et du pénis contre les bords de la vulve et les parois rugueuses du vagin ; ces frottements, en même temps qu'ils augmentent encore l'intensité de l'érection, exaltent peu à peu la sensibilité de ces parties. Quand les sensations voluptueuses ont atteint un certain degré (voir page 896), l'éjaculation se produit.

Chez la femme vierge, l'introduction du pénis dans le vagin détermine la déchirure de l'hymen, déchirure qui s'accompagne ordinairement d'un écoulement de sang.

3° *Éjaculation.*

Dans l'intervalle du coït, le sperme, sécrété d'une façon continue par le testicule, s'accumule dans les vésicules séminales, où il se mêle au produit de sécrétion de ces réservoirs. Quand l'éjaculation a lieu, les canaux déférents et les vésicules séminales se contractent énergiquement et chassent le liquide dans l'urèthre ; puis tous les muscles du périnée, et en particulier les bulbo-caverneux, sont le siège de contractions rythmiques par lesquelles le sperme, mélangé aux liquides prostatique, des glandes de Cooper, etc., est projeté dans le fond du vagin et peut-être directement dans le col de l'utérus entr'ouvert. Au moment de l'éjaculation, la sensation voluptueuse, qui atteint ses dernières limites, s'accompagne d'un état général de spasme et d'une exaltation physique et psychique de tout l'organisme, état qui se communique à la femme, sans cependant qu'il y ait chez elle une éjaculation comparable à celle de l'homme ; il n'y a qu'une excrétion plus active des glandes de Bartholin et des autres glandes génitales. Une fois l'éjaculation terminée, l'érection cesse et une dépression générale fait suite à l'excitation du coït.

2. — DE LA FÉCONDATION.

Après l'éjaculation, le sperme se trouve soit dans la cavité du col, soit dans le fond du vagin. Comment arrive-t-il de là jusqu'à l'ovule. On a rencontré des spermatozoïdes dans tous les points des voies génitales, jusque sur la surface de l'ovaire. Cette progression des spermatozoïdes ne peut être due aux mouvements

de deux ovules distincts ou d'un seul ovule contenant deux vitellus. On observe en moyenne une fécondation double ou gémellaire sur 87 cas de fécondation simple, une fécondation triple (3 ovules) sur 7,600 cas, une fécondation quadruple (4 ovules) sur 330,000 cas, une fécondation quintuple (5 ovules) sur 20 millions de cas.

Quand deux ovules provenant d'une même menstruation sont fécondés par deux coïts différents, il y a *superfécondation*; ainsi une blanche qui aurait eu des rapports sexuels avec un nègre et avec un blanc pourrait donner naissance à deux jumeaux, un mulâtre et un blanc; il n'y en a pas d'exemple authentique. La *superfétation* se produirait quand la seconde fécondation a lieu dans une période plus avancée de la grossesse; il faut donc pour cela : 1° que l'ovulation se continue pendant la grossesse, ce qui est un fait exceptionnel; 2° que le sperme puisse pénétrer jusqu'à l'ovule, ce qui ne peut guère se comprendre que dans les cas d'utérus double.

Bibliographie. — KOBELT : *De l'Appareil du sens génital*, 1851. — ROUGET : *Recherches sur les organes érectiles de la femme*. (Journal de Physiologie, 1858.)

Le développement de l'ovule après la fécondation est essentiellement du ressort de l'anatomie; aussi je ne puis que renvoyer au chapitre *Embryologie* des *Nouveaux Éléments d'anatomie* de Beaunis et Bouchard (2^e édition, page 994). La même remarque s'applique, du reste, au développement de l'embryon et du fœtus et à celui des annexes du fœtus (développement de l'œuf).

C. — DE LA GROSSESSE.

L'ovule fécondé se développe dans la cavité utérine et séjourne dans cette cavité jusqu'à ce qu'il ait atteint un développement suffisant, c'est-à-dire jusqu'à ce que le fœtus soit *à terme*. La durée de la grossesse, calculée depuis le jour de la fécondation jusqu'au jour de l'expulsion du fœtus, est en moyenne de 275 à 280 jours (10 mois lunaires).

Les modifications que subit l'organisme féminin pendant la grossesse concernent, d'une part, les organes génitaux et en parti-

malgré la section de la moelle; les seules voies de communication entre le centre médullaire lombaire et les centres cérébraux instinctifs ne pouvaient être que le sang ou le grand sympathique. (Goltz; *Archiv für Physiologie*, 1874.) L'excitation du cervelet, de la moelle allongée, du grand sympathique lombaire et sacré, l'excitation du mamelon, le sang chargé d'acide carbonique, l'anémie (compression de l'aorte), certaines substances (emménagogues, ergot de seigle) déterminent des contractions utérines; il en est de même des excitations directes portées sur l'utérus, et surtout sur le col (corps étrangers, actions mécaniques, etc.).

L'expulsion du placenta (délivrance) se fait par le même mécanisme que l'expulsion du fœtus.

Pour les phénomènes qui suivent l'accouchement, pour tout ce qui concerne la lactation, voir les traités d'obstétrique.

Quand la femme n'allait pas, l'ovulation et la menstruation reparaissent, en général, dans la sixième semaine après l'accouchement. Quand la femme allaite, la menstruation ne se montre qu'à la fin de la période de lactation, c'est-à-dire vers le dixième mois.

Des naissances. — En France, on compte une naissance pour 34,81 habitants, et 100 naissances pour 84 décès.

Les naissances se répartissent de la façon suivante pour les divers mois de l'année (pour 12,000 naissances) :

MOIS de la naissance.	ÉTATS SARDES. 1828-1837.	BELGIQUE. 1840-1849.	HOLLANDE. 1840-1849.	SCÈDE. 1851-1855.	MOIS de la conception.
—	—	—	—	—	—
Janvier. . .	1,016	1,065	1,094	1,013	Avril.
Février. . .	1,101	1,157	1,155	1,046	Mai.
Mars. . . .	1,100	1,150	1,128	1,056	Juin.
Avril. . . .	1,078	1,078	1,016	1,006	Juillet.
Mai	989	1,002	921	982	Août.
Juin	895	945	855	960	Septembre.
Juillet . . .	943	903	848	922	Octobre.
Août. . . .	944	920	950	912	Novembre.
Septembre. .	1,004	956	1,025	1,116	Décembre.
Octobre. . .	1,010	934	1,000	1,033	Janvier.
Novembre. .	984	931	991	975	Février.
Décembre. .	936	959	1,017	979	Mars.

CHAPITRE DEUXIÈME.

PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME.

1. — PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME AUX DIFFÉRENTS ÂGES.

I — PHYSIOLOGIE DE L'EMBRYON ET DU FŒTUS.

La physiologie de l'embryon et du fœtus se confond en grande partie avec leur développement anatomique, aussi ne puis-je que renvoyer à ce développement pour la plupart des points. C'est en effet le développement qui est le fait dominant de la vie du fœtus, développement des éléments anatomiques, des tissus, des organes, des appareils. D'une façon générale, les phénomènes physiologiques intimes de l'embryon et du fœtus ne se passent pas autrement que chez l'adulte, seulement le fonctionnement spécial des organes et des appareils présente des différences notables : quelques organes même tels que l'œil restent dans l'inactivité la plus complète, une grande partie de l'organisme n'a qu'une existence rudimentaire.

Dans les premiers temps de la vie embryonnaire le sang n'existe pas encore, il n'y a pas de connexions entre l'ovule et l'utérus, et l'ovule se nourrit par simple imbibition aux dépens des matériaux salins et albumineux dont il s'est entouré au passage dans la trompe ou qu'il trouve sur la surface de la muqueuse utérine : les villosités du chorion constituent ainsi de véritables organes d'absorption comparables aux racines d'une plante. C'est encore de la même façon que se fait la nutrition de l'embryon pendant la première circulation ou circulation de la vésicule ombilicale. Pendant ces deux premiers stades, l'embryon utilise donc : 1° les matériaux de nutrition de la masse vitelline, 2° les matériaux de nutrition venant de l'extérieur.

Avec l'établissement de la circulation placentaire commence une nouvelle période. Le sang de l'embryon et du fœtus se trouve en rapport dans le placenta avec le sang artériel de la mère, n'y a pas, comme on l'a cru autrefois, mélange des deux sangs : les deux systèmes vasculaires, maternel et fœtal, restent comp-

tement indépendants l'un de l'autre, mais la ténuité des parois vasculaires qui les séparent permet un échange intime entre les deux sangs ; le sang du fœtus acquiert ainsi les qualités nécessaires pour qu'il puisse servir à la formation des tissus et des organes et à leur fonctionnement, très-rudimentaire pour la plupart d'entre eux. On peut donc considérer le placenta comme un *organe de nutrition* dans lequel le sang fœtal prend l'albumine, la graisse, les sels, etc., en un mot, tous les matériaux qui entrent dans la constitution des tissus. Il n'y a donc chez le fœtus ni digestion proprement dite, ni absorption alimentaire ; il est dans le cas d'un animal auquel on injecterait directement dans le sang les principes nutritifs, tels que les peptones et les sels minéraux. On a bien admis, il est vrai, que dès les premiers temps de la vie fœtale il se produisait des mouvements de déglutition qui introduisaient du liquide amniotique dans le tube digestif, et on trouve en effet des cellules de l'amnios et du *vernix caseosa* dans le méconium ; mais il est peu probable que ces cellules soient l'objet d'une véritable digestion, d'autant plus que les sécrétions du tube alimentaire paraissent dépourvues de pouvoir digestif pendant la vie fœtale.

Le placenta est-il aussi un organe respiratoire et y a-t-il une *respiration placentaire* ? Un premier fait, très-important pour résoudre cette question, c'est que *le sang des artères ombilicales et le sang de la veine ont la même coloration*, et cette coloration n'est ni celle du sang artériel, ni celle du sang veineux. Quelques auteurs ont cependant trouvé le sang de la veine ombilicale plus clair, mais en tout cas la différence est toujours excessivement faible. C'est qu'en effet les phénomènes d'oxydation chez le fœtus doivent être réduits au minimum. Chez l'adulte, l'introduction d'oxygène et la production d'acide carbonique sont surtout en rapport avec les actions musculaires et nerveuses ; chez le fœtus, le seul muscle qui se contracte, sauf les quelques contractions des membres de la dernière moitié de la grossesse, c'est le cœur, et l'activité nerveuse est réduite aux actions nerveuses organiques, c'est-à-dire que la plus grande partie des centres nerveux reste inactive ; la désassimilation sera donc chez lui à peu près nulle ; aussi la petite quantité d'urée et d'acide urique qu'on trouve dans l'urine fœtale est-elle plus faible que celle que produit le nouveau-né dans les premières heures de son existence, et la faible proportion d'acide carbonique éliminé par l'activité mus-

culaire et nerveuse ne suffit pas pour changer les caractères extérieurs du sang veineux, quoique les analyses exactes des gaz du sang chez le fœtus nous manquent jusqu'à présent. On peut donc affirmer que, pendant la vie fœtale, les oxydations sont presque nulles, par suite, le besoin d'oxygène très-peu marqué et que, par conséquent, la respiration placentaire, dont on ne peut nier absolument l'existence, est tout à fait rudimentaire. On fait semblable cependant en désaccord avec cette assertion, c'est que la température propre du fœtus est supérieure à celle des organes qui l'entourent; mais il faut remarquer que le fœtus a la même température du sang de la mère, qu'il ne peut éprouver de perte de chaleur, ni par rayonnement, ni par évaporation, ni par conductibilité, autrement dit que toute la chaleur produite dans l'organisme ne peut se perdre que par l'abaissement de la température du sang maternel placentaire; on comprend alors comment la plus faible production de chaleur dans l'organisme fœtal devra se traduire par une élévation de température.

Au point de vue de la nutrition, les organes qui présentent le plus d'activité chez le fœtus sont le foie et les organes lymphoïdes. Le foie se développe de très-bonne heure et il est très-volumineux à la fin du deuxième mois. Dès le troisième mois la sécrétion biliaire commence, au cinquième mois, la partie supérieure de l'intestin grêle contient un mucus jaune clair dans lequel les réactions chimiques décèlent la présence de la matière colorante et des acides biliaires. Dans les derniers mois le gros intestin est rempli d'une matière brun foncé, inodore, extrêmement acide, le *meconium*, mélange de bile, de cellules épithéliales de l'intestin et de *vernix caseosa* (lamelles épidermiques, duvet, graisse, dégluties avec l'eau de l'amnios. Vers le quatrième mois, le foie commence à renfermer de la substance glycogène, qui y devient abondante vers le milieu de la grossesse; jusque-là la substance glycogène se rencontrait dans le placenta (glycogène placentaire), les tissus épithéliaux, les muqueuses et les muscles contiennent du glycogène pendant tout le temps de la vie fœtale. Il est probable que cette substance glycogène joue un rôle histogénétique et sert à la formation des tissus.

Le foie paraît être aussi en rapport avec la formation des globules rouges.

Les organes lymphoïdes (rate, thymus, glandes lymphatiques, etc.) jouent probablement chez le fœtus le même rôle que chez

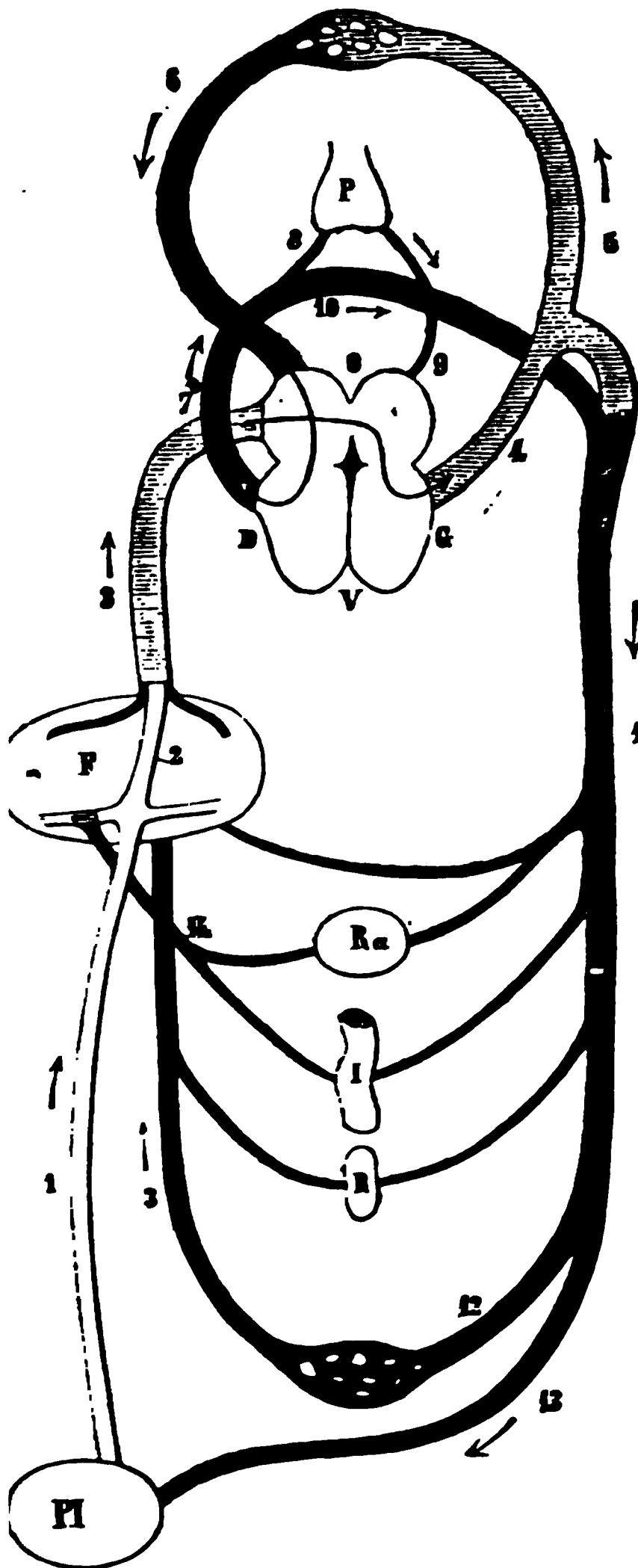


Fig. 253. — Circulation fœtale.
(Figure schématique, voir page 1045.)

l'adulte et sont probablement en relation avec la production des globules blancs.

Les excréments sont très-restreintes chez le fœtus; le peu de *méconium* qu'on trouve à la naissance, l'urine et le *vernix caseosa* constituent les seuls produits excrétés pendant la vie fœtale.

L'activité nerveuse est à peu près nulle; les nerfs tactiles sont, parmi les nerfs sensitifs, les seuls qui puissent être excités, et ils ne peuvent éveiller, en tout cas, que des processus psychiques tout à fait rudimentaires. Les mouvements du fœtus qui s'observent

Fig. 253. — O, oreillettes. — V, ventricules. — D, cœur droit. — G, cœur gauche. — P, poumons. — Ra, rate. — I, intestin. — R, reins. — Pl, placenta. — F, foie. — 1, veine ombilicale. — 2, canal veineux. — 3, veine cave inférieure. — 4, aorte. — 5, branches aortiques de la tête et des membres supérieurs. — 6, veine cave supérieure. — 7, artère pulmonaire. — 8, ses branches pulmonaires. — 9, veines pulmonaires. — 10, canal artériel. — 11, aorte descendante. — 12, branches pour les extrémités inférieures. — 13, artères ombilicales. — 14, veine porte. La direction des flèches indique la direction du courant sanguin; la teinte plus ou moins foncée indique la qualité nutritive du sang, le blanc indique le sang le plus nutritif (artériel); le noir le sang le moins nutritif (veineux).

dans les derniers mois de la grossesse, sont des mouvements purement réflexes, qui se présentent aussi chez les acéphales.

La circulation fœtale placentaire offre des particularités physiologiques importantes qui ont pour base l'absence même de respiration pulmonaire et la disposition anatomique des diverses parties de l'appareil circulatoire, existence du trou de Botal, du canal artériel, du canal veineux, etc. (Voir : Beaunis et Bouchard, *Anatomie*, 2^e édition, page 1055).

La figure 258 (p. 1047) représente schématiquement la circulation fœtale placentaire, telle qu'elle a lieu dans les derniers mois.

La circulation placentaire se fait de la façon suivante : le sang revient artérialisé du placenta par la veine ombilicale arrive au foie F, une partie de ce sang passe directement dans la veine cave inférieure par le canal veineux, 2. l'autre partie va se distribuer dans le foie, par les veines hépatiques afférentes (branches futures de la veine porte), avec le sang que la veine porte,

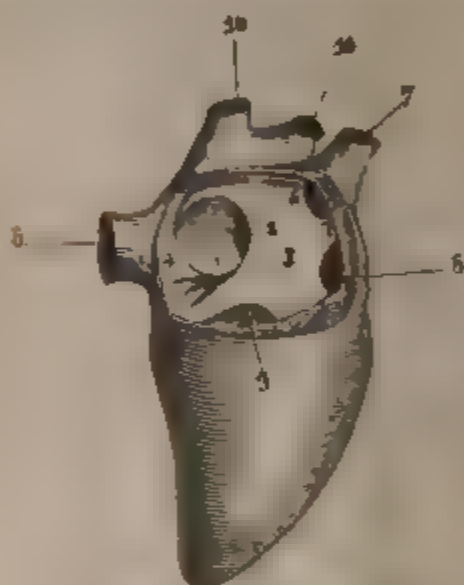


Fig. 259 — Oreillette droite



Fig. 260 — Oreillette gauche

14, ramène de l'intestin, de la rate, etc. ce sang, après avoir traversé le foie, arrive à son tour dans la veine cave inférieure.

Fig. 259. — L'oreillette droite est ouverte par sa partie supérieure par le trou de Botal — 2, ouverture du trou de Botal conduisant dans l'oreillette gauche — 3, paroi interne de l'oreillette droite au niveau du trou de Botal — 4, veine cave inférieure — 5, ouverture de — 6, la veine cave supérieure — 7, la veine cave supérieure — 8, ouverture conduisant dans le ventricule droit — 9, la veine cave supérieure.

Fig. 260. — L'oreillette gauche est ouverte par sa partie supérieure par le trou de Botal — 2, paroi de l'oreillette gauche au niveau du trou de Botal — 3, ouverture de la veine pulmonaire — 4, paroi de l'oreillette gauche au niveau du trou de Botal — 5, orifice auriculo-ventriculaire — 6, orifice qui conduit dans l'oreillette — 7, veine cave inférieure — 8, veine cave supérieure — 9, orifice qui conduit dans l'oreillette.

qui reçoit encore le sang veineux revenant des extrémités inférieures et des reins.

Ce sang, contenu dans la veine cave inférieure, 3, au-dessus du foie, est donc déjà du sang mélangé. Ce sang arrive dans l'oreillette droite et est dirigé immédiatement par la valvule d'Eustache (*fig.* 259, 4) dans le trou de Botal (*fig.* 259 et 260) et dans l'oreillette gauche; là il se mélange encore au sang veineux qui revient par les veines pulmonaires (*fig.* 258, 9). De là, ce sang passe dans le ventricule gauche, et du ventricule gauche dans l'aorte, 4, qui l'envoie dans la tête et dans les extrémités supérieures. Au-dessous de l'origine des artères destinées à ces parties, le sang de l'aorte subit un nouveau mélange par l'addition du sang qui arrive par le canal artériel, 10.

Après avoir nourri la tête et les extrémités supérieures, le sang revient par la veine cave supérieure, 6, dans l'oreillette droite, de l'oreillette droite dans le ventricule droit, et de celui-ci dans l'artère pulmonaire, 7. Les poumons ne fonctionnant pas chez le fœtus, une très-petite quantité de sang passe dans les poumons par les branches de l'artère pulmonaire, 8, pour revenir ensuite par les veines pulmonaires, 9, dans l'oreillette gauche; la plus grande partie passe dans le canal artériel, 10, et va se mélanger au sang contenu dans l'aorte descendante. Ce sang très-mélangé se distribue avec l'aorte descendante et va nourrir les extrémités inférieures pour revenir à l'état de sang veineux par la veine cave inférieure; mais la plus grande partie retourne au placenta par les artères ombilicales pour s'y charger de matériaux nutritifs au contact du sang de la mère.

On voit que les différents organes du fœtus reçoivent un sang qui présente des qualités différentes, suivant les points que l'on considère. Au point de vue de la qualité du sang qu'ils reçoivent, on peut les classer en quatre catégories: 1° le foie; 2° le cœur, la tête et les extrémités supérieures; 3° les extrémités inférieures, le tronc et les organes abdominaux; 4° les poumons.

Le foie reçoit le sang le moins mélangé: en effet, il reçoit le sang venant directement du placenta, et de plus le sang veineux de l'intestin, de la rate, du pancréas et le sang de l'artère hépatique qui est déjà très-mélangé; mais le sang pur domine dans sa circulation; le foie se trouve donc en réalité, vis-à-vis des matériaux de nutrition, dans les mêmes relations chez le fœtus qu'après la naissance: seulement, après la naissance, ces matériaux

de nutrition sont absorbés dans l'intestin et lui arrivent par la veine porte. Chez le fœtus, ils sont absorbés dans le placenta et lui arrivent par la veine ombilicale.

La circulation placentaire se distingue donc de la circulation ordinaire par l'absence de petite circulation et par la communication des cœurs droit et gauche. Les quatre cavités du cœur sont utilisées pour la circulation générale, aussi la tension d'elle être la même dans le cœur droit et dans le cœur gauche et ne trouve-t-on pas pendant la vie fœtale, l'inégalité d'épaisseur des parois des deux ventricules, inégalité qui s'accroît rapidement dès que la circulation pulmonaire s'établit. Chez l'adulte à terme, le cœur fait en moyenne 110 pulsations par minute.

2. — PHYSIOLOGIE DE L'ORGANISME DE LA NAISSANCE A LA MORT.

1^{re} *Physiologie du nouveau-né.*

A la naissance, les conditions d'existence du fœtus sont complètement et subitement changées, et il s'ensuit dans la circulation des modifications capitales qui mènent à l'établissement de la circulation pulmonaire. Toute communication est interrompue avec le placenta et, par suite, il survient une oblitération des artères ombilicales et de la veine ombilicale jusqu'à l'abouchement de la veine porte et du canal veineux. En même temps, les poumons, en se dilatant pour la première inspiration, sont le siège d'un afflux sanguin considérable, le courant sanguin de l'artère pulmonaire, qui passait presque en entier par le canal artériel dans l'aorte, est détourné vers les poumons, le sang passe de moins en moins dans le canal artériel qui se rétrécit puis s'oblitére au deuxième ou au troisième jour. Le sang revient au cœur des poumons par les veines pulmonaires qui se dilatent. Le courant sanguin des veines pulmonaires remplit alors l'oreillette gauche et s'oppose à ce que le courant provenant de la veine cave inférieure pénètre dans cette oreillette par le trou de Botal; ce trou s'oblitére à son tour dès qu'il ne donne plus passage de sang et ainsi s'établit la circulation pulmonaire définitive.

La cause de la première inspiration a été très-controversee. On a vu, dans la physiologie de la moelle allongée (voir page 101)

quelles sont les conditions qui excitent l'activité du centre inspireur; ces conditions (sang chargé d'acide carbonique, excitations sensibles cutanées, etc.) ne se rencontrent pas pendant la vie fœtale; dès que l'interruption de la circulation placentaire a lieu, l'acide carbonique produit dans les contractions du cœur ne trouvant plus dans le placenta maternel une voie d'élimination, s'accumule rapidement dans le sang et va exciter le centre inspireur; à cette influence du sang chargé d'acide carbonique s'ajoute l'action excitante de l'air extérieur et du froid sur la peau habituée à la température uniforme et au contact de l'eau de l'amnios. Le nombre des respirations est d'environ 44 par minute, le nombre des pulsations cardiaques est de 130. La température du rectum est de 37°8; mais elle baisse dans les premières heures de 1° à 1°5, pour remonter ensuite à 37°5. Le foie a une circulation moins active, il est moins foncé; la quantité de bile qu'il sécrète augmente, et cette augmentation produit l'*ictère des nouveau-nés*. L'urine et les reins contiennent des cylindres constitués par des cellules épithéliales et des urates d'ammoniaque. Les glandes mammaires sécrètent souvent un liquide lactescent. Quelques heures après la naissance, la faim se fait sentir et détermine de l'agitation, des cris et des mouvements de succion; la vie du nouveau-né se partage entre le sommeil et la lactation.

2° *Première enfance.*

La première enfance s'étend depuis les premiers jours de la naissance jusqu'à l'éruption des premières dents de lait, c'est-à-dire jusqu'à sept à huit mois environ. Pendant cette période, la vie est presque exclusivement végétative; l'alimentation journalière représente le cinquième ou le sixième du poids du corps; la respiration, la digestion, l'absorption alimentaire sont plus actives, relativement que chez l'adulte, et il en est de même pendant toute la période infantile; le système lymphatique prédomine; le sang contient plus de globules blancs et moins de globules rouges; les organes lymphoïdes, la rate, le thymus, les glandes lymphatiques sont très-développés; les selles sont jaune clair, demi-liquides, peu odorantes, et contiennent de la bile inaltérée, beaucoup de graisse et de la caséine coagulée. L'accroissement des organes et des tissus est considérable; la taille

de 5 centimètres par an chez les garçons et de 4 chez les filles. Le nombre des pulsations cardiaques est de 91 à dix ans, de 82 à quinze ans. L'intelligence participe au développement des autres fonctions, et les notions acquises à cette époque se fixent avec une très-grande facilité dans la mémoire. Quoique les organes génitaux ne soient pas encore dans leur période d'évolution, les caractères psychiques distinctifs des sexes s'accusent déjà d'une façon très-nette dans les jeux et les occupations de la jeunesse. .

5° *Adolescence.*

L'établissement de la puberté marque la limite entre la jeunesse et l'adolescence. L'évolution rapide des organes génitaux modifie profondément toute la constitution ; le système pileux se développe ; la voix prend des caractères particuliers ; la sécrétion sébacée augmente ; la graisse du corps diminue ; la taille prend souvent un accroissement brusque ; la capacité vitale s'accroît très-vite, en un mot toutes les parties du corps se hâtent, pour ainsi dire, de suivre le développement des organes génitaux et d'atteindre leur maximum de puissance et de virilité. Jusqu'ici, la vie n'avait qu'un but, le but de la conservation individuelle ; un nouveau but apparaît alors, la conservation de l'espèce, et le besoin instinctif par lequel il se révèle, modifie profondément l'activité psychique de l'adolescent. Des sentiments, des désirs, des émotions, des idées nouvelles occupent et dominent l'intelligence.

6° *Age viril.*

Jusqu'ici l'assimilation l'avait emporté sur la désassimilation ; le corps s'accroissait continuellement. Maintenant il n'en est plus de même ; la croissance s'arrête ; l'assimilation l'emporte encore sur la désassimilation, mais l'excès de matériaux nutritifs introduits ne sert plus, comme auparavant, à l'accroissement de l'individu, il sert à l'accroissement de l'espèce ; il est destiné à fournir les matériaux de la reproduction qui serviront à constituer de nouveaux êtres. L'âge viril comprendra donc la période de virilité de l'homme, période qui peut s'étendre depuis vingt-deux jusqu'à soixante ans. Mais dans cette longue période, il convient

contractilité des fibres lisses des différents appareils organiques se perd peu à peu; la miction est difficile, les digestions laborieuses, la défécation pénible. La sensibilité s'émousse; l'œil devient presbyte, hypermétrope; la latitude d'accommodation se réduit peu à peu à zéro; les milieux transparents se troublent (arc sénile); l'oreille est dure; le toucher moins délicat; les facultés intellectuelles s'affaiblissent; la mémoire se perd, etc., et ce déclin, s'accroissant toujours de plus en plus, amène la caducité et la décrépitude, si quelque affection intercurrente ne vient pas, ce qui arrive ordinairement, terminer l'existence. Les conditions histologiques de cette rétrogradation fonctionnelle de la vieillesse paraissent être la diminution de la quantité d'eau et la dégénérescence graisseuse de la plupart des éléments anatomiques, l'infiltration calcaire de certains tissus et en résumé une atrophie générale.

Bibliographie. — QUÉTELET : *Physique sociale*. Voir aussi les traités d'hygiène.

2. — DES SEXES.

1° *Influence de la sexualité sur l'organisme.*

La sexualité influence toutes les fonctions de l'organisme, comme le prouvent les modifications profondes qui se produisent à la puberté et à l'âge de retour, et comme le démontrent aussi les résultats de la castration. Chez l'enfant, ces modifications sont peu prononcées, quoiqu'on en trouve déjà des traces, mais ce n'est qu'à la puberté que s'accroissent les différences sexuelles. Nous allons passer rapidement en revue les principaux caractères qui distinguent, au point de vue physiologique, l'organisme féminin de celui de l'homme.

La taille de la femme est moins élevée (de 7 à 8 centimètres) que celle de l'homme. Jusqu'à douze ans, l'accroissement de la taille suit à peu près la même marche dans les deux sexes; à partir de cette époque, la taille s'accroît plus vite chez la femme, mais elle atteint aussi plus tôt son point culminant; il en est de même, du reste, pour la plupart des fonctions de la femme; elles se développent plus vite, mais leur rétrogradation est plus précoce. Le poids de la femme est moins considérable (de 9 kilogr. environ), elle arrive aussi plus tard (50 ans) au maximum de son

poids. Le sang contiendrait moins de globules et de principes fixes et serait plus riche en eau, mais ces faits méritent confirmation. L'appareil digestif est moins développé, la quantité d'aliments ingérés, et surtout d'aliments d'origine animale, est moins considérable. La capacité vitale est plus faible 2 500 centimètres cubes, la proportion du carbone brûlé est moindre, et cette différence est plus accentuée encore après la puberté. La perspiration cutanée est moins intense que chez l'homme. La respiration est plus fréquente; il en est de même des battements du cœur, comme le montre le tableau suivant emprunté à Guy

ÂGE.	FRÉQUENCE DU PULS.		ÂGE.	FRÉQUENCE DE RESPIR.	
	Homme.	Femme.		Homme.	Femme.
2 à 7 ans.	97	98	42 à 49 ans.	70	77
8 à 14 —	84	94	50 à 56 —	67	76
14 à 21 —	76	82	56 à 63 —	68	77
21 à 28 —	73	80	63 à 70 —	70	78
28 à 35 —	70	78	70 à 77 —	67	81
35 à 42 —	68	78	77 à 84 —	71	82

La respiration se fait surtout d'après le type costal ou costo-claviculaire. La voix est plus haute, moins intense, d'un timbre plus doux. Le squelette est moins développé, celui de l'homme forme 10 pour 100 du poids du corps celui de la femme 8 pour 100 seulement; les os sont plus grêles, les saillies d'insertion des crêtes et des dépressions moins marquées, certains os, particulier et certaines régions crâne bassin, etc. présentent des caractères distinctifs décrits dans les traités d'anatomie. Les articulations sont plus fines, les ligaments et les tendons plus grêles, les muscles moins volumineux, la force musculaire mesurée au dynamomètre, est d'un tiers à peu près au-dessous de celle de l'homme. La forme générale du corps, l'attitude, la marche, etc. sont différentes; la graisse accumulée dans le tissu sous-cutané masque les saillies musculaires, déjà peu prononcées par elles-mêmes, et arrondit les formes, la ligne serpentine du dos chez la femme, ce qui constitue une des conditions de sa beauté (Hogarth); la petitesse de la tête, la délicatesse des traits du visage dont la barbe ne masque aucun détail, la rondeur, la longueur du col, le développement des seins, la délicatesse des épaules, la largeur du bassin, la concavité des cuisses, la finesse des extrémités, contrastent avec l'aspect physique de l'homme.

Le cerveau est plus petit et moins pesant que celui de l'homme, et ses parties postérieures sont plus développées; le système nerveux est plus excitable, la sensibilité physique plus vive, les actions réflexes plus intenses.

A ces différences physiques correspondent des différences dans l'intelligence, la sensibilité, le caractère. L'intelligence a plus de vivacité et moins de profondeur, les associations d'idées se font plutôt dans l'espace que dans le temps, par contiguïté que par causalité; la femme est plus apte aux idées particulières et individuelles, l'homme à la généralisation et à l'abstraction; le côté objectif domine chez la femme, le côté subjectif chez l'homme; elle est plus passive, l'homme plus actif; l'influence de l'éducation première persiste plus longtemps chez elle; elle aime le merveilleux et le surnaturel et tombe facilement dans le sentimentalisme, la religiosité et la superstition; le doute l'effraye, quelque scientifique qu'il soit, et elle préfère croire sans vouloir approfondir ni raisonner sa croyance. L'amour, la maternité, la famille remplissent son existence, et son dévouement, susceptible de s'exalter jusqu'à l'héroïsme, a plutôt en vue les personnes que les idées. Son caractère est faible; elle ne connaît ni l'inflexibilité des principes, ni la puissance de la raison; elle se guide d'après ses sentiments, ses passions, ses émotions de chaque jour; mais elle est naturellement si bien douée que la raison seule ne serait pas pour elle un meilleur guide, et que l'homme avec toute sa logique est bien souvent obligé de s'incliner devant ce merveilleux instinct de la femme.

2° Causes de la différence des sexes.

Il naît en moyenne 106 enfants mâles pour 100 enfants du sexe féminin. Les conditions qui déterminent le sexe du produit ne sont pas encore connues. On ne sait ni pourquoi, ni à quel moment la sexualité apparaît. Existe-t-elle déjà dans l'ovule avant la fécondation, quoique le microscope ne révèle aucune différence, ou est-elle due aux spermatozoïdes, ou bien est-elle postérieure à la fécondation et tient-elle à la mère elle-même? Il est impossible de répondre à ces questions.

L'alimentation paraît avoir de l'influence sur le sexe. Une nourriture insuffisante produirait des mâles; dans les deux tiers



ue mûrs, quand la mère est plus âgée, il y a plus de filles. Beaucoup de statistiques ne s'accordent pas.

D'après Thury, le sexe dépendrait du moment où l'œuf est fécondé ; l'œuf, au moment de la fécondation, n'a pas atteint un certain degré de maturité ; si ce degré est dépassé, il y a un seul ovule descend de l'ovaire, la fécondation a lieu au début de la menstruation, on a une fille ; dans une même période, plusieurs œufs se développent ; les premiers sont en général moins développés, les derniers sont plus mûrs et donnent naissance à un mâle ; on pourrait ainsi obtenir une génisse en faisant féconder l'œuf au début du rut, un veau en la faisant saillir au début de la menstruation, dit avoir toujours été exacts. Mais ces observations ont été combattues par d'autres expérimentateurs.

Enfin le sang joue peut-être un rôle dans la détermination du sexe ; dans le cas de fœtus acardiaques, chez lesquels le fœtus jumeau, dont les vaisseaux communiquent avec le fœtus sain, a le même sexe que le fœtus sain, on pourrait conclure que le sang détermine le sexe et les deux fœtus au moment de la fécondation. Les causes de la sexualité résideraient donc dans la mère.

temps plus ou moins long l'excitabilité de ses nerfs, la contractilité musculaire, les propriétés vitales de son épiderme, etc. L'interruption de la circulation, la séparation d'avec les centres nerveux n'abolissent donc pas *immédiatement* la vie des éléments, des tissus et des organes; seulement ils sont fatalement condamnés à mourir au bout d'un temps déterminé, quand ils auront épuisé les matériaux indispensables à la manifestation de l'activité vitale qu'ils possédaient encore au moment de la séparation. Au moment de la mort, l'organisme humain se trouve tout entier dans le cas de cette jambe coupée; la respiration est arrêtée, le sang ne circule plus, mais chaque organe continue encore à vivre, et la durée de cette vie locale, *post mortem*, varie pour chaque organe suivant sa structure, sa composition chimique, ses rapports, etc. Il faut donc distinguer la *mort générale, somatique*, de la *mort locale ou moléculaire*. La première suit immédiatement l'arrêt de la circulation et de la respiration, la seconde ne leur succède qu'au bout d'un certain temps, et ce n'est que dans des circonstances exceptionnelles, comme dans la fulguration, que la mort somatique coïncide avec la mort moléculaire et que les éléments et les tissus sont atteints en même temps que les grandes fonctions de l'organisme.

Pour qu'un élément ou qu'un tissu puisse fonctionner, puisse vivre, il faut qu'il réunisse trois conditions: 1° l'abord de l'oxygène; 2° l'abord des matériaux de nutrition; 3° une organisation déterminée. Cet élément, ce tissu mourra donc quand l'oxygène ou les matériaux de nutrition ne pourront lui arriver ou quand il sera désorganisé (chimiquement, mécaniquement, etc.). Le sang étant le véhicule de l'oxygène et des matériaux de nutrition, tout ce qui interrompra l'abord du sang (hémorrhagie, ligature, embolie, arrêt du cœur, etc.), tout ce qui empêchera le sang de recevoir de l'oxygène (arrêt de la respiration, destruction des globules rouges, gaz toxiques, comme l'oxyde de carbone, etc.) ou des matériaux de nutrition (inanition) deviendra une cause de mort.

Ces diverses causes de mort peuvent agir sur tous les tissus et sur tous les organes. Quand un organe peu important est atteint, cet organe meurt, mais sa mort n'a pas d'influence fatale sur le reste de l'organisme; mais si, au contraire, la cause de mort atteint un des organes qui sont nécessaires à la vie générale de l'organisme, le cœur, le poumon, le bulbe, etc., la mort locale

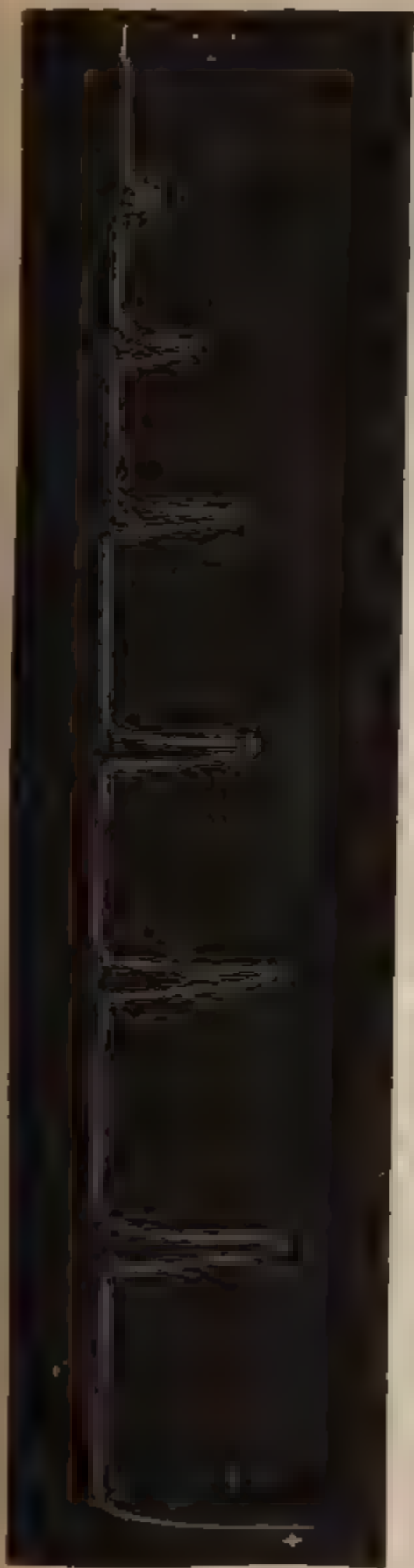


Fig. 261. — Graphique de la courbe respiratoire.

à peine distincte; la parole est hésitante, embarrassée, il marmotte des mots incompréhensibles; l'intelligence peut être conservée, mais ordinairement elle est affaiblie et quelquefois elle a tout à fait disparu, des lambeaux de sa vie passée, des souvenirs d'enfance, des rêves, tantôt agréables, tantôt pénibles, paraissent traverser cette intelligence qui s'en va et en sont comme les dernières lueurs, c'est l'heure des retours sur soi-même, des regrets, des repentirs, mais c'est aussi l'heure des défaillances; il n'y a plus ni volonté, ni caractère, l'inertie psychique égale l'inertie physique. Peu à peu tous ces phénomènes s'aggravent; la vie n'est bientôt plus qu'un souffle invisible, qu'une pulsation imperceptible; tout va finir, la dernière expiration se fait (fig. 261), le cœur s'arrête. L'homme n'est pourtant pas un cadavre; les organes, les tissus, les éléments vivent encore d'une vie locale, jusqu'à ce que ces restes d'existence aient disparu aussi, jusqu'à ce que la mort moléculaire ait suivi la mort somatique et laisse le champ libre à la putrefaction cadavérique, seul signe absolument certain de la mort réelle et totale de l'organisme.

De la mortalité — Sur les 1.200 millions d'hommes qui vivent à la

INFLUENCES MÉTÉOROLOGIQUES.

1063

ANNÉES.	NAISSANCES.	DÉCÈS.	AUGMENTATION de la population.
—	—	—	—
1865....	1,005,753	921,887	83,866
1866....	1,006,248	884,573	121,675
1867....	1,007,755	866,887	140,868
1868....	984,140	922,038	62,102
1869....	998,727	914,340	71,911

La mortalité est plus forte dans certaines saisons. Le tableau suivant donne la mortalité pour cent pour cinq pays, par saisons :

	Janvier. Février. Mars.	Avril. Mai. Juin.	Juillet. Août. Septembre.	Octobre. Novembre. Décembre.
	—	—	—	—
France	28,00	21,93	23,16	23,91
Angleterre.	28,013	25,793	21,903	21,295
Belgique.	31,098	26,125	20,843	21,935
Hollande.	31,30	24,90	21,15	22,65
Prusse	28,498	23,867	22,691	24,944

CHAPITRE TROISIÈME.

ACTION DES MILIEUX SUR L'ORGANISME.

A. — INFLUENCES MÉTÉOROLOGIQUES.

1° *Température extérieure.*

D'une façon générale, le froid active la nutrition, la chaleur la ralentit. Pendant l'hiver, toutes les fonctions digestives sont exaltées ; le corps gagne en poids, il est plus riche en graisse. L'urine est plus abondante, plus aqueuse, mais la quantité absolue d'urée et de principes fixes augmente. Les respirations sont plus fréquentes et plus profondes ; on inspire plus d'oxygène et on élimine plus d'acide carbonique. La température extérieure influence surtout les fonctions de la peau, circulation, sécrétion sudorale, perspiration cutanée (voir page 719). Quelle que soit la température extérieure, la chaleur propre du corps reste à peu près constante, à moins que le changement de température ne soit porté à l'extrême ; la peau seule subit l'influence de ces variations ; ainsi en hiver la différence entre la température de la peau et celle des organes intérieurs est plus considérable.

En été, les mouvements volontaires sont moins énergiques, les mou-

malaya, est à 4,800, hauteur du Mont-Blanc. Les explorateurs et les aéroneutes ont atteint des altitudes supérieures (ascension du Chimborazo, 6,000 mètres, par Boussingault; ascension de l'Ibi-Ganim, 7,400 mètres, par V. Schlagintweit; ascension en ballon de Coxwell à 11,000 mètres, etc.).

Les phénomènes qui accompagnent les diminutions rapides de pression sont les suivants : gonflement des vaisseaux cutanés et des veines superficielles ; hémorrhagies par le nez, la bouche, la muqueuse pulmonaire ; augmentation de la sueur et de la perspiration cutanée ; les respirations sont gênées, fréquentes, irrégulières ; le nombre des pulsations s'accroît ; la voix est moins intense et prend un autre timbre ; les muscles, surtout ceux des extrémités inférieures, se fatiguent facilement ; le tympan se tend, et cette tension détermine des bourdonnements d'oreille et de la surdité ; il y a des douleurs de tête, des vertiges et enfin perte de connaissance.

Les recherches de Bert ont montré que les accidents sont dus, dans ces cas, à la diminution de tension de l'oxygène et à la diminution consécutive de la quantité d'oxygène du sang (*anoxyhémie* de Jourdanet), et qu'ils peuvent être combattus avec succès par l'inspiration d'oxygène de façon à ramener la tension de ce gaz au degré convenable.

2° Augmentation de pression. — Les phénomènes de l'augmentation de pression (cloches à plongeurs, plongeurs, travail dans l'air comprimé) varient suivant la pression atmosphérique. Quand la pression n'augmente que de quelques atmosphères, les respirations sont irrégulières, moins fréquentes, plus profondes ; l'expiration est plus courte, la pause expiratoire plus prononcée ; la peau pâlit ; les veines superficielles sont affaissées ; le pouls diminue de fréquence ; les mouvements musculaires sont plus faciles, etc. Mais les accidents graves ne se montrent que vers cinq atmosphères, et non pas pendant le séjour dans l'air comprimé, mais au moment de la décompression ; si cette décompression est brusque, les accidents sont dus, comme l'a montré Rameaux, au retour à l'état gazeux des gaz du sang et spécialement de l'azote et de l'acide carbonique (Bert), à l'obturation des capillaires par les bulles gazeuses, obturation qui détermine des lésions anatomiques de différents organes.

Bert a prouvé que les phénomènes qui se produisent dans l'air comprimé sont dus à l'augmentation de tension de l'oxygène et à l'augmentation de proportion d'oxygène du sang. Quand la pression atmosphérique augmente jusqu'à vingt atmosphères, ce qui correspond à quatre atmosphères d'oxygène pur, les phénomènes prennent un caractère de gravité redoutable et la mort arrive avec des convulsions tétaniques et épileptiformes ; cette *action toxique de l'oxygène* se produit quand la quantité d'oxygène du sang atteint 35 centimètres cubes pour 100 centimètres cubes de sang, c'est-à-dire est le double de la quantité normale (18 à

électrodes sont égales, est au maximum au point d'application des électrodes, et diminue à mesure qu'on s'éloigne du point d'application ; quand les électrodes sont inégales, le maximum de densité se trouve au point d'application de l'électrode la plus étroite. Moins il y a de distance entre les points d'application des deux électrodes, plus la densité de l'électricité est considérable sur la ligne qui joint directement ces deux points d'application. Si on applique, par exemple (*fig. 262*), une

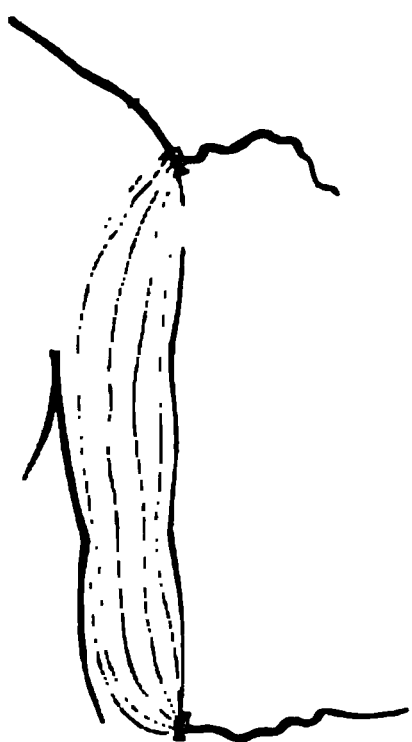


Fig. 262. — Électrodes éloignées. (Fick.)

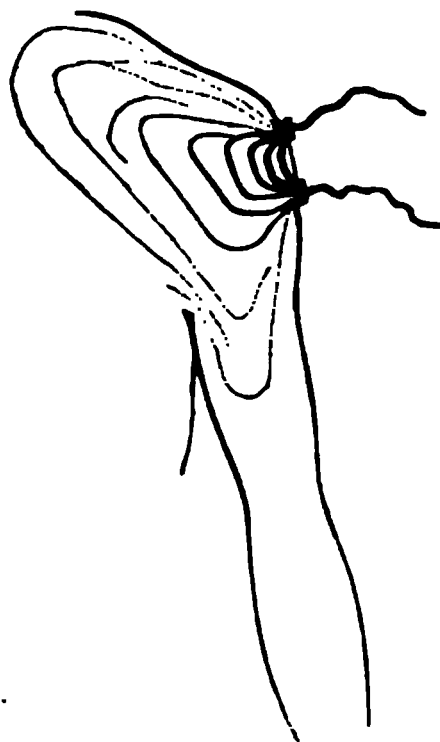


Fig. 263. — Électrodes rapprochées. (Fick.)

électrode sur l'épaule, l'autre sur l'avant-bras, le courant se répandra dans tout le bras presque uniformément, et sa densité ne sera pas assez considérable pour produire des contractions musculaires. Si au contraire on rapproche les électrodes, comme dans la figure 263, l'intensité totale du courant n'est pas changée, mais l'électricité s'accumule en plus grande quantité sur la ligne qui joint directement les deux

la composent, ou *résistance intérieure*, soit R . En tenant compte de ces deux quantités, la formule devient :
$$I = \frac{E}{R + r}.$$

La résistance extérieure est directement proportionnelle à la longueur du conducteur et inversement proportionnelle à sa section transversale. Quand les résistances extérieures sont très-grandes, comme dans le corps humain, il faut, pour augmenter l'intensité du courant, augmenter proportionnellement le nombre des éléments ; quand les résistances extérieures sont très-faibles, comme dans un fil galvanocautique, il faut, pour augmenter l'intensité du courant, accroître la surface de chaque élément.

La résistance des tissus de l'organisme est en raison inverse de leur quantité d'eau. En représentant par 1 la résistance des muscles, on aura, pour les principaux tissus, les chiffres suivants : tendon et cartilage, 1,8 ; nerf, 1,9 ; os, 16 à 22.

électrodes, et sa densité est assez forte pour exciter le deltoïde, tandis que dans le bras droit, elle est trop faible pour déterminer une contraction.

L'épiderme étant très-mauvais conducteur, ne peut passer que par les points où il est plus conducteur, c'est-à-dire par les points où la tricotité traverse donc cet épiderme, et non en nappe, mais par les points où la densité est assez forte pour exciter le deltoïde. Une fois traversé, elle se diffuse dans les autres conductrices, et sa densité est assez faible pour exciter les muscles. Si on mouille l'épiderme, il devient un bon conducteur, et l'électricité le traverse sans exciter les nerfs cutanés. Il faudra donc employer des électrodes qui ne traversent que l'épiderme, ou vaudra exciter les muscles.

Pour la différence des courants, voir les *Traité d'électricité médicale*.

2. — ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ CONTINUE ET LE

1° *Electrotonus de*

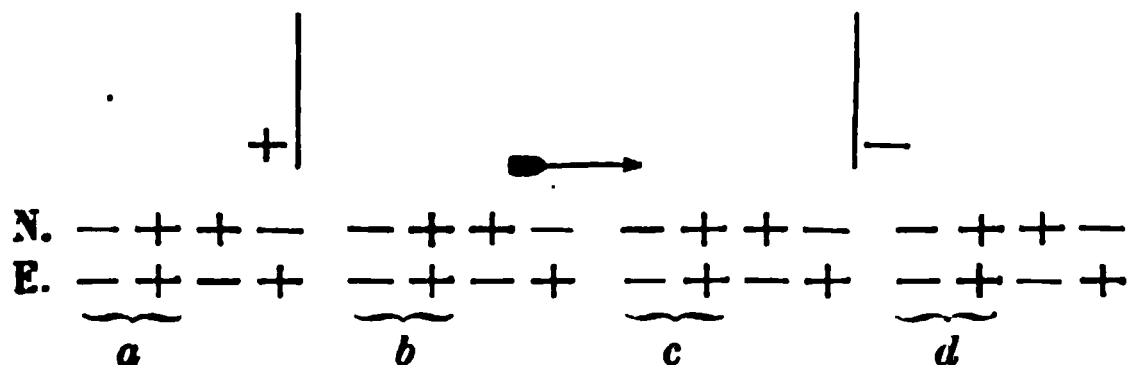
Quand on fait passer par un point (courant excitateur) de même que le courant propre du nerf est renforcé, quand le courant excitateur est continu, au contraire, est diminué (*phase négative*). Les contractions du courant nerveux ne se produisent que dans la partie comprise entre les deux pôles de chaque côté, au delà de la région des limites du nerf. Tout le nerf subit l'action du courant excitateur ; cet état constitue l'*electrotonus* (etc.). Fick, Erb, E. Cyon ont obtenu des résultats qui concordent avec ceux de Duval. Dans les muscles, l'*electrotonus* est la partie du muscle traversée par le courant excitateur.

Pour expliquer les phénomènes nerveux (voir page 731) composés

ectro-moteurs ayant la disposition suivante et constitués chacun
deux molécules dipolaires :

- + + - - + + - - + + - - + + -

Dans l'électrotonus, elles prendraient la disposition suivante :



Les molécules dipolaires tournent leur pôle négatif vers l'électrode
positive, leur pôle positif vers l'électrode négative, le courant marchant
dans le nerf dans le sens de la flèche (N indique la disposition normale,
état électrotonique); on voit que les molécules dipolaires *a*, *b*, *c*, *d*
changent pas et que les autres subissent une rotation de 180°.

2° Anélectrotonus et katélectrotonus.

Quand un nerf est parcouru en un point par un courant constant,
l'excitabilité est notablement modifiée. Elle est diminuée du côté du
pôle positif ou de l'anode (*anélectrotonus*), augmentée du côté du pôle
négatif ou cathode (*katélectrotonus*). Ces modifications d'excitabilité
tendent au delà des pôles dans une certaine longueur du nerf; entre
deux électrodes, dans la région intra-polaire, se trouve un point
(*point indifférent*) dans lequel l'excitabilité primitive du nerf n'a subi ni
augmentation, ni diminution; ce point, pour les faibles courants, est
dans le voisinage de l'anode, pour les forts, dans le voisinage du ca-
thode. L'influence de l'électrotonus est au maximum dans le voisinage
des pôles.

Si la force du courant de la pile augmente, ces changements d'excitabilité
augmentent jusqu'à un maximum, puis diminuent et enfin dis-
paraissent pour se remonter de nouveau, mais en sens inverse. Après
cessation du courant polarisant, l'excitabilité revient à ce qu'elle
était auparavant, mais après avoir passé par une phase inverse, augmen-
tation d'excitabilité à l'anode, diminution au cathode. Chez l'homme,
des courants constants amènent aussi des modifications de l'excitabilité
des nerfs.

Le courant polarisateur modifie non-seulement l'excitabilité du nerf,
il modifie aussi la *faculté que possède le nerf de transmettre l'ex-*

citation; la partie du nerf en a résistance à la transmission de avec la durée et l'intensité du co

Quand on fait passer un cours on n'a de contractions qu'à la fe on n'a pas de contractions per contractions de fermeture et d' suivante (*lois de Pflüger*), selon

INTENSITÉ du courant.	COURANT ASCENDANT
--------------------------	-------------------

Forte. . . .	{ Fermeture. — Repos Ouverture. — Contr
Moyenne . . .	{ Fermeture. — Contr Ouverture. — Contr
Faible . . .	{ Fermeture. — Contr Ouverture. — Repos

En résumé, l'action excitant produit, à la fermeture du coura lement; à l'ouverture du coura ment, ou autrement dit le nerf l'apparition (ou l'augmentation) et bien moins fortement par la diminution) de l'anélectrotonus. excitateur à la direction ascenda (tourné vers le muscle), à la fer porte sur la partie supérieure ture sur la partie inférieure; le courant descendant.

Il est possible, avec les doi d'interpréter les lois de Pflüger.

A. DANS LE COURANT ASCENDANT

1° *Si le courant est fort*, l tonisée A perd sa conductibil fermeture F ne peut se transm n'y a pas de contraction. A l'ou au contraire, l'anélectrotonus tion se produit à l'anode o et le

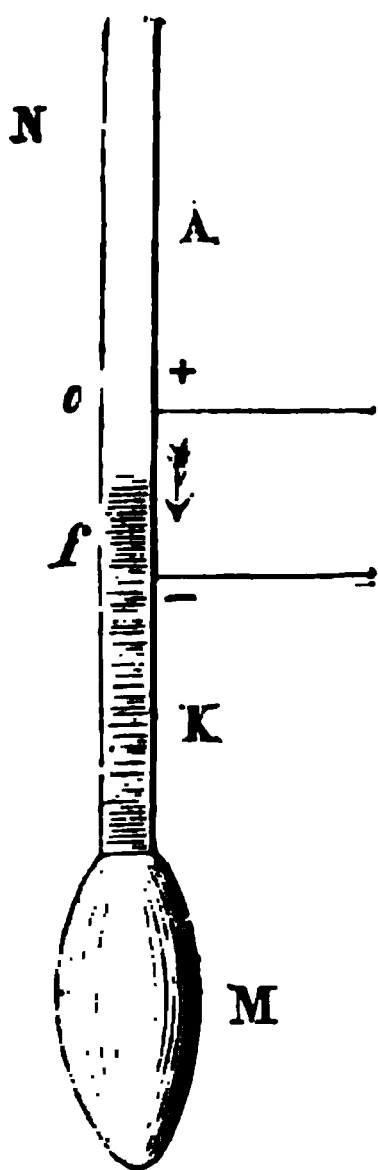
2° *Si le courant est moyen*, la partie anélectrotonisée A n'e l'excitation produite à l'ouvertu

Fig. 264 et 265. — M, muscle. — K, p tonisée. — o, anode. — f, cathode. — L

du courant se transmet jusqu'au muscle, qui se contracte dans les deux cas.

3° Si le courant est très-faible, l'excitation ne se produit que dans le point du nerf dont l'excitation a le plus grand effet, et on sait que c'est le point le plus éloigné du muscle; la contraction se produit donc à la fermeture du courant.

B. DANS LE COURANT DESCENDANT (fig. 265) :



1° Si le courant est fort, l'excitation de fermeture F produira une contraction du muscle; l'excitation d'ouverture agissant sur une partie anélectrotonisée, o, ne produira rien.

2° Si le courant est moyen, la contraction se fera à l'ouverture et à la fermeture du courant pour la même cause que précédemment.

1° Si le courant est très-faible, comme c'est l'excitation du point le plus éloigné du muscle qui détermine la contraction, il devrait y avoir contraction à l'ouverture du courant; mais comme l'apparition du katélectrotonus est un plus fort excitant que la disparition de l'anélectrotonus, l'effet produit par celle-ci est trop peu intense et la contraction ne se fait qu'à la fermeture du courant.

La loi de Pflüger peut se formuler d'une façon plus générale encore : il y a irritation du nerf aussitôt que des forces extérieures quelconques viennent changer avec une certaine rapidité sa constitution moléculaire intérieure; un état statique des nerfs n'est jamais accompagné d'irritation.

Fig. 265. — Loi de Pflüger, courant descendant.

Des courants constants très-faibles peuvent aussi télaniser le nerf. Pour les courants très-intenses, le télanos ne se produit qu'à la rupture du courant (*télanos de Ritter*); il disparaît quand on ferme le courant dans la même direction, et se renforce quand on le ferme dans la direction opposée; ce télanos dépend d'une forte excitation par la disparition de l'anélectrotonus; il cesse quand on sépare du muscle la région anélectrotonisée, ce qui ne peut se faire que dans le courant descendant par une coupe entre les électrodes au point indifférent. Si le courant est plus faible et dure moins longtemps, ou si l'excitabilité est diminuée par la mort du nerf, au lieu d'un télanos d'ouverture, on a une contraction prolongée, puis une contraction simple.

D'après la loi d'alternative de Volta, le passage d'un courant dans une certaine direction diminuerait l'irritabilité du nerf pour les courants

de même direction et l'augmenterait pour ceux de sens contraire. Mais Rosenthal a montré que cette loi est inexacte, l'irritabilité est augmentée au moment où l'on interrompt le courant qui agit et où l'on fait naître un courant de sens contraire, elle est diminuée au moment où l'on fait naître un courant de même sens que le premier et où l'on interrompt un courant de sens contraire. Mais ces lois n'ont leur valeur que pour des courants faibles ou moyens, pour des courants très forts le téτανos de rupture qu'ils produisent est affaibli par les courants qui commencent, renforcé par les courants qui finissent, qu'ils que soit le sens de ces courants (Pflüger).

Les lois de Pflüger sont applicables aussi aux nerfs d'arrêt, comme le pneumogastrique (Donders).

Quand les courants d'induction sont très-faibles, ils se comportent comme les courants constants et rentrent dans la loi de Pflüger.

Dans les nerfs sensitifs, le courant constant produit des sensations non-seulement à l'ouverture et à la fermeture, mais pendant toute la durée du courant.

Engelmann a prouvé que les lois de Pflüger sont aussi applicables aux muscles. D'après Heidenhain, quand on fait passer un courant constant à travers un muscle fatigué, il recouvre son irritabilité, le relâchement serait plus complet et plus persistant par le courant avec lequel.

L'apparition subite du courant électro-tonique dans la région opposée du nerf peut agir comme excitant sur un autre nerf qui n'est accolé et amener ainsi une contraction ou un *tétanos secondaire*. C'est de même de la *contraction paradoxale* (voir p. 297) la variation électro-tonique du courant d'une fibre agit sur l'autre comme excitant.

3. — INFLUENCE DE L'ÉTAT ÉLECTRIQUE DE L'ATMOSPHÈRE.

Le corps humain n'a pas en général le même état électrique que l'atmosphère et que les corps environnants mais habituellement l'équilibre entre notre corps et les corps ambiants s'établit sans phénomènes apparents, à moins qu'on ne prenne la précaution de l'isoler. L'électricité de l'homme est la plupart du temps positive, celle de la terre négative. Chez certaines personnes, le dégagement d'électricité statique est assez intense pour déterminer la production d'étincelles, spécialement quand l'atmosphère est très-sèche et par conséquent conductrice de l'électricité. Ces phénomènes se présentent assez fréquemment dans certaines parties de l'Amérique, et Carpenter, dans sa *Physiologie*, cite quelques exemples curieux.

Bibliographie — E. CROX : *Principes d'électrothérapie*. (Voir aussi la bibliographie page 732.)

C. — TOXICOLOGIE PHYSIOLOGIQUE.

J'étudierai dans ce paragraphe un certain nombre de substances qui sont d'un emploi journalier dans les laboratoires de physiologie, soit pour faciliter l'expérimentation sur le vivant (anesthésiques et narcotiques), soit pour pénétrer et analyser le mécanisme des phénomènes vitaux en annihilant ou en exaltant leur activité. Le point de vue toxicologique et thérapeutique sera donc forcément laissé de côté pour s'en tenir au point de vue strictement physiologique.

1. — ANESTHÉSQUES.

Les anesthésiques produisent tous une sorte d'ivresse, des troubles de la sensibilité, la perte de la conscience et du sommeil. A haute dose, tous les mouvements réflexes sont abolis, et si leur action se continue, la mort arrive par l'arrêt des mouvements du cœur et de la respiration. Tous les anesthésiques sont volatils et agissent directement sur les centres nerveux auxquels ils sont apportés par le sang; tous décomposent et détruisent les globules rouges, mais leur action anesthésique n'est pas liée à cette destruction, qui ne peut s'accomplir avec les faibles doses qui suffisent pour l'anesthésie. Seulement les analogies de composition de la substance nerveuse et des globules rouges (lécithine, graisse, cholestérine) semblent indiquer que cette action anesthésique est due à une altération, quelque légère qu'elle soit, de la substance nerveuse. La durée d'action d'un anesthésique dépend de la rapidité de son élimination et, par conséquent, en grande partie de sa volatilité. Ceux dont l'action est la plus fugace sont aussi ceux qui sont les plus volatils.

1° *Chloroforme*, CHCl_3 .

L'action du chloroforme comprend deux stades : 1° un stade d'excitation des organes nerveux centraux ; 2° un stade de paralysie. Dans le *stade d'excitation*, le cerveau est congestionné, la face rouge, la pupille rétrécie; le pouls et la respiration sont accélérés; chez l'homme, les sensations sont moins nettes, il y a des hallucinations, du délire, de l'agitation, etc. Quelquefois, tout à fait au début, on observe un ralentissement passager du cœur et de la respiration, ralentissement réflexe consécutif à l'irritation des muqueuses nasale et respiratoire par les vapeurs de chloroforme, irritation qui se transmet aux centres d'arrêt du cœur et de la respiration. Le *stade de paralysie* arrive plus ou moins vite et se

traduit par les caractères suivants : sommeil, résolution musculaire, perte des réflexes, diminution de fréquence du pouls et de la respiration, pâleur de la face, on constate aussi une anémie cérébrale. Le ralentissement du pouls et de la respiration dans ce stade est dû à une action directe de la substance sur les centres cardiaque et respiratoire. La pression sanguine artérielle diminue, et la température intérieure du corps s'abaisse. La pupille est élargie par paralysie centrale du sphincter pupillaire, l'action du sympathique sur la dilatation de la pupille persiste pendant tout le temps de la chloroformisation. L'utérus conserve sa contractilité mais un peu affaiblie. La salivation est augmentée. L'action sur les centres nerveux suit la marche suivante : la conscience du malade se perd la première, puis les cellules sensorielles des sens spéciaux sont atteintes, les sensations conscientes, tactiles, visuelles, etc., disparaissent, la conjonctive conserve la dernière sa sensibilité, mais les impressions qui déterminent les réflexes inconscients, tels que la déviation, subsistent encore, bientôt elles sont abolies aussi et il ne reste plus que les impressions qui déterminent les actes automatiques, mouvements du cœur et mouvements respiratoires. La perte de la sensibilité dans les nerfs sensitifs marche de la périphérie au centre, la peau n'est plus sensible quand les nerfs le sont encore dans leur tronc, les racines postérieures sont encore excitables quand le tronc nerveux ne l'est plus, et quand les racines ont perdu leur excitabilité, les nerfs nerveux sont encore sensibles et la strychnine peut encore déterminer des convulsions. Quand l'action du chloroforme est portée très loin, la respiration et les battements du cœur deviennent irréguliers et s'affaiblissent, et la mort arrive par l'arrêt de l'une des deux fonctions. Dans le cas contraire, le réveil est ordinairement rapide.

L'élimination du chloroforme se fait principalement par les poumons. On n'a pas démontré d'une façon certaine sa présence dans les excréments et les sécrétions.

Les lésions trouvées à l'autopsie consistent en lésions asphyxiques : le contenu de la cavité crânienne exhale l'odeur du chloroforme, la rigidité cadavérique se développe très vite ; le cœur est mou et rouge, on trouve quelquefois des bulles gazeuses dans le sang.

La rapidité de l'intoxication chloroformique dépend du mode d'absorption, l'absorption est plus rapide par les inhalations, aussi est-ce la voie la plus usitée soit qu'on place devant les narines une éponge imbibée de chloroforme (grands animaux), soit qu'on place les animaux sous une cloche dans laquelle on dégage des vapeurs de chloroforme (lapin, chat, rat, etc.). Dans certains cas comme pour les grenouilles, les salamandres, les poissons, on peut employer l'immersion dans l'eau chloroformée. Certaines espèces (chats, lapins, grenouilles, etc.) sont excessivement sensibles à l'action du chloroforme. On doit éviter autant que possible le stade d'excitation et l'agitation de l'animal.

dues en grande partie à l'action irritante des vapeurs du chloroforme sur les muqueuses nasale et laryngée, on peut faire pénétrer directement ces vapeurs dans la trachée.

L'action de l'éther, $C^4H^{10}O$, est à peu près identique à celle du chloroforme. Elle est seulement un peu plus lente et l'irritation locale est moins forte. Il en est de même de l'action du *sulfure de carbone*, CS^2 .

2° Hydrate de chloral, C^2HCl^3O, H^2O .

Sur la grenouille, l'hydrate de chloral à la dose de 0^{gr},025 à 0^{gr},05, en injection sous-cutanée, produit un ralentissement de la respiration et un affaiblissement, puis la cessation des réflexes; cet état dure plusieurs heures. A la dose de 0^{gr},1 on a l'arrêt du cœur. *Chez les lapins*, une injection sous-cutanée de 1 gramme détermine en quelques minutes un ralentissement de la respiration, un rétrécissement de la pupille, et un sommeil profond pendant lequel les réflexes disparaissent; pour une dose de 2 grammes, le sommeil est très-rapide et la mort peut arriver avec un refroidissement graduel de l'animal. *Chez les chiens*, il faut environ 6 grammes pour produire le sommeil. Quand le chloral est administré en injections intra-veineuses par le procédé d'Oré (solution au quart), l'anesthésie s'obtient avec des doses plus faibles et elle peut être prolongée de façon à permettre les vivisections les plus longues et les plus laborieuses.

L'action du chloral se distingue de celle du chloroforme par l'absence du stade d'excitation. Pour Cl. Bernard, il n'y aurait pas une véritable anesthésie, le chloral serait un hypnotique, et il le rapproche de la morphine.

Liebreich avait admis une décomposition du chloral en chloroforme et acide formique, et dans ce cas les effets du chloral seraient dus au chloroforme dégagé; mais il ne paraît pas en être ainsi. On n'a retrouvé de chloroforme ni dans le sang, ni dans l'air expiré, et on a constaté dans l'urine la présence du chloral.

3° Alcool, C^2H^6O .

L'action de l'alcool est comparable à celle du chloroforme et de l'éther; comme eux il agit directement sur les centres nerveux, d'abord comme excitant, ensuite comme paralysant. Le stade d'excitation, qui existe chez les animaux à sang froid comme chez les animaux à sang chaud, se traduit par une accélération du cœur et de la respiration, de la chaleur de la peau, de l'injection de la conjonctive, etc. Le

stade de paralysie s'accompagne de ralentissement du pouls et de la respiration, avec abaissement de température, diminution des réflexes et état soporeux qui se termine par la mort par arrêt du cœur et de la respiration si l'intoxication est trop forte. L'action anesthésique de l'alcool est beaucoup plus lente que celle du chloroforme et de l'éther, mais sa durée d'action est plus longue à cause de la lenteur de son élimination. Liebig croyait à une décomposition de l'alcool dans l'organisme, avec production d'aldéhyde, d'acide acétique, d'acide oxalique, d'acide carbonique et d'eau, mais les recherches de Lalement et Perrin ont montré qu'une petite partie seulement se transforme dans l'organisme en acide acétique et que presque tout l'alcool introduit est éliminé en nature par les différentes excrétions dans lesquelles on le retrouve (urine, lait, bile, perspiration cutanée), et principalement par la respiration. L'alcool est donc transporté en nature par le sang jusqu'aux centres nerveux et agit directement sur les cellules de ces centres.

4° Des substances anesthésiques.

Le nombre des substances dotées de propriétés anesthésiques est considérable, et quoique celles qui viennent d'être étudiées soient les plus usitées, il peut être utile pour le physiologiste de connaître les autres anesthésiques qui pourraient être utilisés dans des circonstances données. Tous ces anesthésiques appartiennent aux composés organiques du groupe des corps gras. Seulement la plupart de ces composés n'ont pas encore été l'objet d'une étude approfondie.

Parmi les carbures d'hydrogène, l'hydrure d'amyle C^5H^{12} a des propriétés anesthésiques, parmi les alcools monoatomiques, le méthanol de même, outre l'alcool ordinaire ou alcool éthylique, de l'alcool méthylique ou esprit de bois, CH^3O , et de l'alcool amylique, $C^5H^{11}O$, l'aldéhyde, C^2H^4O , l'acétone (?), C^3H^6O , l'éthylène C^2H^4 (action faible, voisine à celle du protoxyde d'azote), et surtout l'amylène, C^5H^{10} sont aussi des anesthésiques.

Mais les propriétés anesthésiques sont bien plus prononcées dans les produits de substitution chlorés des substances suivantes que nous donne ici l'énumération :

Dérivés chlorés du gaz des marais, CH^4 : chlorure de méthyle. Éther chlorure de méthyle monochloré, CH^3Cl , chloroforme, $CHCl^3$, tétrachlorure de carbone, CCl^4 .

Dérivés chlorés de l'hydrure d'éthyle, C^2H^6 : chlorure d'éthyle, éther chlorhydrique, C^2H^5Cl ; chlorure d'éthylène ou liqueur des bon-

(*) La plupart des renseignements donnés dans cet alinéa ont été empruntés à la Toxicologie d'Hermann.

dais, $C^2H^4Cl^2$; chlorure d'éthylène monochloré (isomère du précédent), $C^2H^4Cl^2$; chlorure d'éthyle tétrachloré (éther anesthésique), C^2HCl^3 .

Dérivé chloré du propylène, C^3H^6 : trichlorhydrine, $C^3H^3Cl^3$ (agirait comme le chloral).

Dérivé chloré de l'hydrure d'amyle, C^5H^{12} : chloramyle ou éther amylochlorhydrique, $C^5H^{11}Cl$.

Dérivés chlorés de l'aldéhyde, $C^2H^4O^2$: chloral, C^2HCl^3O ; croton-chloral, $C^4H^3Cl^3O$.

Les produits de substitution iodés et bromés paraissent aussi pouvoir agir comme anesthésiques; tels sont : le bromoforme, $CHBr^3$; l'iodure d'amyle, $C^5H^{11}I$; l'hydrate de bromal, C^2HBr^3O, H^2O (anesthésie générale sans sommeil); l'hydrate d'iodal, C^2HI^3O, H^2O .

Enfin certains éthers acides volatils, comme l'éther acétique, $C^4H^8O^2$, agissent comme anesthésiques.

Le *protoxyde d'azote*, Az^2O , occupe un rang à part, parmi les anesthésiques, tant par sa composition chimique que par son action. Son action est beaucoup plus fugace que celle des substances précédentes, à cause de sa grande volatilité et de la rapidité de son élimination. D'après Hermann, et contrairement à l'opinion de quelques physiologistes, il ne peut suppléer l'oxygène, et, employé pur, il produit l'asphyxie; les grenouilles meurent dans le protoxyde d'azote pur comme dans l'hydrogène. Chez l'homme, il produit une ivresse agréable (gaz hilarant), dont les effets sont bien connus et qu'il est inutile de décrire ici.

2. — NARCOTIQUES.

L'opium et la plupart de ses alcaloïdes ont une double action : une action excitante, convulsive, qui les rapproche de la strychnine, et une action somnifère, soporifique, qui les rapproche des anesthésiques. Si on classe ces alcaloïdes d'après leur action soporifique, on aura, d'après Cl. Bernard, en allant du plus au moins, la série suivante : narcéine, morphine, codéine; si on les range d'après leur action convulsivante, on a : thébaine, papavérine, narcotine, codéine, morphine; si on les classe d'après leur toxicité, on aura : thébaine (0^{sr},1 tue un chien), codéine, papavérine, narcéine, morphine (il faut plus de 2 grammes pour tuer un chien), narcotine.

Morphine, $C^{17}H^{19}AzO^3$. — *Chez la grenouille*, son action ressemble à celle de la strychnine; il y a d'abord un stade d'agitation; bientôt le moindre contact détermine une crampe tétanique (ce stade manque souvent); enfin les appareils réflexes, puis le cœur et la respiration sont paralysés. — *Chez le chien*, une injection intra-veineuse de 0^{sr},02 à

0^{gr},05 de morphine produit le sommeil; les réflexes sont abolis, à l'exception du réflexe du toucher; le toucher de la conjonctive; le pouls est ralenti; l'action sur le cœur paraît, du reste, normale (pour de fortes doses) sont rétrécies les artères de pression sanguine; la pupille est dilatée; cependant on observe une élargissement de la pupille et les mouvements de l'intestin sont abolis. — Chez les lapins, les convulsions se présentent plus facilement que chez le chien; les pigeons possèdent une sensibilité à la morphine; il en faut pour tuer un pigeon environ 0^{gr},5.

La morphine paraît porter son action sur les nerfs sensitifs.

L'association de la morphine et du chloroforme, pour produire l'anesthésie. Il suffit de donner de la morphine et de faire des inhalations de chloroforme.

La *narcéine*, $C^{11}H^{11}AzO^3$, produit un sommeil très-profond, sans convulsions, sans arrêt notable du pouls. La *codéine* agit comme celle de la morphine; le sommeil est profond.

La *thébaïne*, $C^{13}H^{11}AzO^3$, détermine des convulsions comme celles de la strychnine. Il en serait de même de la *narcotine*, $C^{13}H^{11}AzO^3$; cependant Baxt considère la papavérine comme inactive.

Un dérivé de la morphine, l'*apomorphine*, possède les propriétés essentielles de la morphine, mais agit comme vomitif.

3. —

Le curare est une substance résineuse qui se trouve dans certaines parties de l'Amérique du Sud; les Indiens l'emploient pour empoisonner leurs flèches, et

(*) Quelques auteurs admettent au

la famille des *strychnos* et des *paullinia*. Le principal caractère de l'empoisonnement par le curare est une résolution musculaire sans convulsions; tout mouvement volontaire est aboli; les mouvements respiratoires finissent aussi par s'arrêter tandis que le cœur continue à battre; mais chez les animaux à sang chaud, l'arrêt de la respiration produit très-vite l'arrêt du cœur, tandis que chez les grenouilles, par exemple, le cœur continue à battre.

Le mécanisme de l'action du curare a surtout été étudié par Cl. Bernard. Il a prouvé que cette substance agit sur les extrémités périphériques des nerfs moteurs (plaques motrices terminales) par la série d'expériences suivante : Si on lie l'artère d'un membre sur une grenouille avant l'intoxication ou si on fait la ligature en masse du membre, à l'exception du nerf, ce membre conserve les mouvements volontaires, preuve que les appareils nerveux centraux ne sont pas paralysés par le poison; si on pince ou si on excite la peau de la grenouille dans une région intoxiquée, le membre lié fait des mouvements de fuite, preuve que l'intoxication n'atteint ni les nerfs ni les centres sensitifs. D'un autre côté, les muscles ne sont pas atteints non plus, car ils conservent leur irritabilité. Restent les nerfs moteurs; or, deux expériences prouvent que ces nerfs ne sont paralysés que dans leurs extrémités périphériques : 1° Si on lie l'artère d'un membre au niveau du genou, toute la partie crurale du nerf ischiatique sera soumise à l'action du curare; si alors on excite le nerf ischiatique dans le bassin, les muscles de la cuisse ne se contractent pas parce qu'ils sont dans la sphère du poison, tandis que les muscles de la jambe et de la patte se contractent, preuve que la partie intoxiquée du tronc de l'ischiatique a pu transmettre l'excitation du bassin jusqu'à la jambe; 2° si on prend deux muscles de grenouille avec leurs nerfs, et qu'après avoir rempli deux verres de montre de solution de curare, on place dans un verre le nerf seul, dans l'autre le muscle seul, dans le premier cas, l'excitation du nerf, quoique plongé dans le curare, détermine la contraction du muscle, dans le second, l'excitation du nerf ne détermine aucune contraction, mais le muscle se contracte s'il est excité directement.

Les extrémités périphériques des nerfs vaso-moteurs sont aussi atteintes, mais beaucoup plus faiblement par le curare, aussi avait-on cru d'abord à une immunité qui n'est que relative. Les sécrétions, salive, larmes, urine, sont augmentées; il y a un diabète temporaire; la température s'abaisse.

L'absorption du curare peut se faire par la voie stomacale, mais cette absorption est beaucoup plus lente que par les injections sous-cutanées, ce qui l'avait fait nier complètement d'abord; seulement l'élimination (par les reins) se fait avec trop de rapidité pour que les accidents se développent; mais si on extirpe les reins, l'intoxication se produit. L'urine d'animaux curarisés peut empoisonner un autre ani-

observe au contraire une paralysie complète des centres moteurs cardiaques et une diminution de pression artérielle. L'intestin, l'utérus, la vessie sont paralysés ; les sécrétions, et en particulier la sécrétion salivaire, sont interrompues ; la pupille est dilatée (mydriase), et cette action de l'atropine s'exerce certainement sur des centres situés dans l'iris ou dans le globe oculaire, car l'effet se produit sur un seul œil dans l'instillation monoculaire, et il se produit même sur l'œil de la grenouille extirpé de la cavité oculaire. Cette dilatation de la pupille tient à une paralysie du sphincter et peut-être en même temps à une excitation des fibres dilatatrices. Les lapins, les pigeons présentent une immunité remarquable pour l'atropine.

En résumé, l'atropine agit à la fois sur les centres cérébraux et sur les appareils périphériques (action en partie excitante, en partie paralysante).

La *daturine* et l'*hyosciamine* ont le même effet que l'atropine.

3° *Fève de Calabar. Physostigmine.* — La fève de Calabar a, sur presque tous les points, une action antagoniste de celle de l'atropine. La sensibilité et la conscience sont conservées jusqu'à la mort ; les muscles volontaires sont paralysés ; les muscles lisses sont le siège de contractions tétaniques (intestin, utérus) ; la respiration est d'abord accélérée, puis ralentie ; les vaisseaux sont le siège de contractions spasmodiques suivies d'un relâchement ; quant à l'action sur le cœur et la circulation, les opinions sont trop divergentes pour qu'on puisse en tirer une conclusion positive. Les sécrétions, et surtout les sécrétions lacrymale et salivaire, sont augmentées ; enfin, action caractéristique, la pupille est rétrécie et il y a crampe de l'accommodation, phénomènes interprétés d'une façon différente par les expérimentateurs.

En résumé, la fève de Calabar agit surtout sur les centres nerveux, mais, chez la grenouille du moins, il y a aussi paralysie des extrémités nerveuses motrices, ce qui a fait rapprocher son action de celle du curare.

4° *Muscarine (Agaricus muscarius).* — Comme la fève de Calabar, elle est antagoniste de l'atropine. A la dose de 0^{gr},0001 à 0^{gr},0002, chez la grenouille, elle produit l'arrêt diastolique du cœur, mais cet arrêt est dû à une excitation des centres d'arrêt intra-cardiaques, car l'excitation directe des ventricules ramène les pulsations. Cet arrêt du cœur cesse aussi par l'action de l'atropine et de quelques autres substances. Chez les animaux à sang chaud, le cœur est ralenti, les artères sont dilatées, la pression sanguine baisse ; la respiration, d'abord dyspnéique, peut s'arrêter par paralysie centrale ; tous les organes à muscles lisses, y compris la rate, sont à l'état de contraction tétanique ; la pupille est rétrécie, les larmes et la salive s'écoulent en abondance ; en un mot, l'action générale se rapproche de celle de la fève de Calabar.

Le *jaborandi* a une action qui se rapproche de celle de la fève de Calabar et de la muscarine, avec une action spéciale sur la sueur et sur la salivation.

5° *Vératrine*, $C^{12}H^{12}Az^2O^4$. — L'action de la vératrine est très-complexe, elle agit sur tous les appareils nerveux et musculaires de la circulation, d'abord comme excitante, puis comme paralysante, à très-petites doses, les pulsations du cœur sont accélérées mais par de fortes doses, le cœur se paralyse ainsi que les artères. Elle agit en outre comme excitante d'abord, comme paralysante ensuite, sur beaucoup d'organes centraux, les muscles, etc., et détermine des crampes tétaniques, mais qui ne sont pas de nature réflexe comme celles du tétanos, il y a au contraire, au bout d'un certain temps, une dépression des réflexes.

L'*antiarine* (*upas antiar*) a une action comparable sur beaucoup de points à celle de la vératrine.

6° *Aconitine*, $C^{27}H^{44}AzO^{10}$. — Son action est très-variable suivant le mode de préparation, mais le symptôme dominant est toujours une paralysie du cœur.

7° *Digitaline*, $C^{57}H^{110}O^{11}$. — Malgré l'emploi fréquent de la digitaline en médecine, son influence sur le cœur, qui constitue le phénomène essentiel de son action, est loin d'être éclaircie. A haute dose, elle produit un ralentissement du cœur, et si la dose est trop forte, elle arrête en diastole et le cœur ne réagit plus contre les excitations. A doses moyennes, elle produit d'abord une accélération passagère puis un ralentissement persistant. Le mécanisme de cette action sur le cœur est encore incertain. Agit-elle sur le tissu musculaire du cœur, sur les ganglions intra-cardiaques, sur le pneumogastrique, sur le grand sympathique? En même temps, les petites artères sont contractées et il y a augmentation de la tension artérielle. Les muscles lisses, œsophage, intestin, etc., paraissent contracturés. Les muscles striés, au contraire, sont affaiblis et paralysés, et pour de fortes doses, ils ont perdu leur contractilité.

On peut placer à côté de la digitaline le principe de l'émétique et l'émétine.

8° *Quinine*, $C^{20}H^{24}Az^2O^4$. — Chez la grenouille, à la dose de 0^{gr},015 elle ralentit les respirations et les mouvements du cœur, les mouvements volontaires et réflexes diminuent d'intensité, à la dose de 0^{gr},05 à 0^{gr},1 gramme, le cœur s'arrête, mais les muscles et les nerfs sont encore excitables. — Chez les animaux à sang chaud à petites doses, elle accélère le cœur, à doses modérées, elle le ralentit, à fortes doses, elle l'arrête et produit des convulsions. Son action se porte essentiellement sur les organes nerveux centraux, cerveau, moelle, ganglions du cœur. La quinine tue les organismes inférieurs, infusoires, algues, bactéries, amibes d'eau salée, mais elle n'a aucune action sur les champignons, elle abolit les mouvements du protoplasma et des corpuscules blancs, elle n'empêche pas les processus digestifs.

La *cinchonine*, $C^{20}H^{24}Az^2O$, a la même action que la quinine seulement à un degré plus faible.

1° *Santonine*, $C^{15}H^{10}O^3$ (1). — A la dose de 0^{gr},3 à 1 gramme chez l'homme, elle détermine de la nausée, des vomissements, des hallucinations, du vertige et un mode particulier de vision ; on voit tout en jaune ; quelquefois auparavant tout le champ visuel se colore en violet, tout dans les ombres ; puis le jaune remplit le champ visuel, surtout dans les objets clairs. Quoique la santonine jaunisse à la lumière, cette vision jaune ne dépend pas d'une coloration jaune des milieux de l'œil, comme on l'avait supposé, car on ne constate pas cette coloration à l'ophtalmoscope. Il est probable qu'il s'agit plutôt d'une paralysie des fibres du violet, précédée quelquefois d'une excitation passagère. Pendant on voit quelquefois tout en jaune dans l'ictère, ce qui prouve que cette vision jaune peut, dans certains cas, tenir à une diffusion d'une matière colorante dans les milieux de l'œil. A fortes doses, la santonine produit de la perte de connaissance, des convulsions tétaniques et la mort. Chez les animaux, on n'observe guère que ces crampes toniques.

10° *Ergotine et seigle ergoté*. — Son action est encore très-peu connue, et il a été jusqu'ici à peu près impossible d'accorder les faits expérimentaux avec les résultats thérapeutiques. Ainsi la contraction des petites artères, admise théoriquement, n'a pu être constatée d'une façon certaine ; il en est de même de son action sur l'utérus ; sur le cœur, on est un peu mieux fixé, elle produit un ralentissement du pouls, chez les animaux on peut constater l'arrêt du cœur.

5. — DE QUELQUES GAZ TOXIQUES.

1° *Acide carbonique*, CO^2 .

L'acide carbonique n'est toxique qu'à très-hautes doses ; l'atmosphère peut en contenir 1 p. 100 sans qu'on en soit affecté, et on peut respirer, pendant quelque temps, des mélanges bien plus riches en acide carbonique. Mais quand la proportion est plus forte, il survient d'abord des phénomènes d'ivresse (vertige, céphalalgie, somnolence, délire, etc.), puis une véritable asphyxie (dyspnée, crampes, paralysie, mort), même quand la proportion d'oxygène dans l'atmosphère artificielle est suffisante. Pendant ce stade dyspnéique, le pouls est ralenti (par excitation du pneumogastrique), les petites artères contractées, la pression sanguine accrue.

Localement, l'acide carbonique détermine de la chaleur à la peau et

¹⁾ Les substances suivantes n'appartiennent pas au groupe des alcalies ; j'ai cru cependant devoir les ranger à la suite de ces derniers.

de l'anesthésie. Le mécanisme d'action de l'acide carbonique a été différemment interprété. Cependant son action délétère ne paraît pas tenir, comme on l'a cru, à une asphyxie par défaut d'oxygène. Elle tient plutôt à une action spéciale du gaz sur les centres respiratoires (dyspnée), les centres vaso-moteurs (crampes vasculaires) et sur les centres d'arrêt du cœur (ralentissement du pouls). Il semble donc qu'il y ait, dans cette intoxication, que l'exagération de l'excitation que l'acide carbonique à l'état normal exerce sur ces trois centres, et par suite une action directe, encore inconnue, sur la substance nerveuse de ces centres. Il est probable que la mort arrive par la paralysie de fatigue consécutive à l'excitation exagérée de ces centres et l'asphyxie qui en est la conséquence. Beaucoup d'auteurs considèrent l'acide carbonique non comme un gaz toxique, mais comme un gaz simplement irrespirable.

2° Oxyde de carbone, CO.

L'oxyde de carbone rend les grenouilles immobiles et sans réaction. Il y a quelquefois de la dyspnée, jamais de crampes, le cœur et les muscles sont paralysés. Les animaux à sang chaud meurent dans une atmosphère qui contient 1 p. 100 d'oxyde de carbone, on remarque de la dyspnée intense, des crampes, de l'exophtalmie, un élargissement de la pupille et de l'asphyxie, il y a du sucre dans l'urine. Mais les actions les plus importantes concernent le sang. Il est d'une couleur brillante avec une légère teinte bleuâtre, au spectroscope, il présente des raies d'absorption dans le jaune, semblables aux raies de l'oxyhémoglobine, mais un peu plus rapprochées, raies qui persistent même après l'addition d'un corps réducteur, comme le sulfure d'ammonium. En effet, l'oxyde de carbone forme avec l'hémoglobine une combinaison cristalline rouge vif plus tenace que l'oxyhémoglobine. Aussi l'oxyde de carbone décompose l'oxyhémoglobine et en chasse l'oxygène volume à volume, tandis que l'oxyde de carbone ne peut être déplacé de sa combinaison par l'air ou l'oxygène qu'avec la plus grande lenteur. L'oxyde de carbone produit donc la mort par asphyxie en empêchant le globule sanguin de fixer l'oxygène dans la respiration. Il est douteux qu'il y ait, outre cela, une action toxique directe du gaz sur les tissus.

3° Acide cyanhydrique, CAzH.

L'acide cyanhydrique est la plus toxique des substances connues. Chez la grenouille, il produit la perte des réflexes et la mort sans convulsions; le cœur se ralentit et s'arrête ainsi que la respiration. Le cad-

est rempli d'un sang clair. Chez les animaux à sang chaud, il y a des rampes tétaniques, spécialement des extenseurs, de la dyspnée, du ralentissement du pouls, de la dilatation pupillaire, de l'exophthalmie, une paralysie générale avec perte des réflexes, de l'abaissement de température avec de la faiblesse du pouls et de la respiration, qui finissent par s'arrêter. Le sang est habituellement foncé; si la mort est très-rapide, il est rouge cramoisi. Les convulsions tétaniques sont peut-être dues à la paralysie du cœur. Le mécanisme d'action de l'acide cyanhydrique est encore inconnu. On ne sait non plus par où se fait son élimination de l'organisme.

Bibliographie. — CL. BERNARD : *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*, 1857, et : *Leçons sur les anesthésiques et sur l'asphyxie*, 1875. — HERMANN : *Lehrbuch der experimentellen Physiologie*, 1874. — Voir aussi les traités de toxicologie.

QUATRIÈME PARTIE

PHYSIOLOGIE DE L'ESPÈCE

PREMIÈRE SECTION

DE L'ESPÈCE EN GÉNÉRAL

1° *Caractères de l'espèce.*

Il y a deux opinions en présence sur le sens qu'il faut donner au mot espèce. Les uns, comme Lamarck, Darwin, etc., considèrent l'espèce comme l'ensemble des individus tout à fait semblables entre eux par leur organisation ou ne différant les uns des autres que par des nuances très-légères. Dans cette définition de l'espèce, on fait intervenir non pas un seul caractère mais tous les caractères anatomiques et physiologiques suivant leur importance fonctionnelle, et il en résulte que, d'après cette opinion, qui me paraît la vraie, l'espèce, de même que la race et la variété, n'est qu'une *catégorie* purement rationnelle et qui n'a par conséquent rien d'absolu.

Les autres, comme Linné, Buffon, Cuvier, Agassiz et la plupart des naturalistes français, considèrent l'espèce comme quelque chose d'absolu, de primordial et d'immuable. La définition *orthodoxe*, qui n'est plus admise que par les théologiens, est la suivante : l'espèce est l'ensemble des individus qui descendent en droite ligne et sans mélange d'un couple unique et primordial. Seulement les naturalistes, voyant l'impossibilité de soutenir un seul moment cette définition, ont introduit dans la notion de l'espèce un facteur nouveau, la reproduction. L'espèce est devenue l'ensemble des individus semblables, susceptibles de se féconder.

par union réciproque; puis : l'ensemble des individus semblables susceptibles de se féconder par union réciproque *en donnant des produits féconds*; puis enfin : l'ensemble des individus semblables susceptibles de se féconder en donnant des produits *indéfiniment* féconds. En résumé, l'invariabilité et la persistance des formes à travers un nombre indéterminé de générations, telle serait la caractéristique de l'espèce ⁽¹⁾.

Ce n'est pas ici le lieu de discuter la valeur de ces définitions de l'espèce. Je me contenterai de faire remarquer que, malgré ce critérium si absolu en apparence, les zoologistes et les botanistes sont loin de s'accorder sur le nombre et la limitation des espèces tant animales que végétales, et que des formes intermédiaires viennent à chaque instant faire hésiter le naturaliste et combler la séparation artificielle qu'il introduit entre les différentes espèces ⁽²⁾.

2° De l'origine des espèces.

Aux deux conceptions de l'espèce qui viennent d'être exposées correspondent deux théories différentes sur l'origine des espèces.

Pour les naturalistes orthodoxes, l'espèce est quelque chose de fixe et d'immuable; les espèces sont permanentes dans l'espace et dans le temps; elles ne peuvent varier que dans leurs caractères secondaires et accessoires; elles ont toujours été ce qu'elles sont, elles seront toujours ce qu'elles sont actuellement. Il y a donc eu autant de créations, successives ou simultanées, qu'il y a d'espèces, vivantes ou éteintes, à la surface du globe. Si tous les êtres vivants se ressemblent plus ou moins, si les espèces paraissent liées entre elles par certains caractères communs, c'est d'après une loi d'harmonie universelle, la cause première ayant, dans la série des créations successives, répété le même type

(1) Voici la définition de Linné : *Species tot sunt quot diversas formas ab initio produxit Infinitum Ens; quæ formæ, secundum generationis inditas leges, produxere plures, at sibi semper similes. Ergo species tot sunt quot diversæ formæ seu structuræ hodiedum occurrunt.*

(2) Dans le *Draba verna* de Linné, Jordan, appliquant logiquement la définition de l'espèce, ne trouve pas moins de deux cents formes distinctes qu'il déclare être de véritables espèces, toutes autonomes et irréductibles entre elles. (Voir Naudin : *les Espèces affines et la théorie de l'évolution*. Revue scientifique, 1875, n° 36.)

sous des formes variables; la ressemblance des êtres vivants tient à l'unité de l'idée créatrice, *il y a seulement identité de type, il n'y a pas identité d'origine.*

Il est cependant peu de naturalistes qui admettent cette théorie dans toute sa rigueur. La plupart, peu conséquents avec ce principe, font dériver les différentes espèces de quatre ou cinq types primordiaux. Mais ils ne réfléchissent pas que, par cette concession, ils ruinent eux-mêmes leur définition de l'espèce, puisqu'ils admettent qu'un seul type a pu donner naissance à un certain nombre d'espèces différentes, ce qui implique la variabilité de l'espèce. Aussi ceux qui sont entrés dans cette voie, s'ils sont logiques, sont-ils obligés d'y marcher jusqu'au bout, comme l'a fait Darwin lui-même, qui, après avoir admis que tout le règne animal est descendu de quatre ou cinq types primitifs et au plus, n'admet plus maintenant qu'un seul type primordial.

Ceci nous conduit à la seconde théorie, la seule acceptable avec les données actuelles de la science. Dans cette théorie *il y a seulement identité de type, il y a identité d'origine*. La ressemblance des êtres vivants ne tient pas à une simple loi d'hérédité supérieure à un plan créateur unique, elle tient à une communauté réelle d'origine; si tous les êtres se ressemblent, dans des certaines limites, c'est qu'ils sont tous issus de la même souche primordiale. C'est la théorie connue sous le nom d'*évolution* ou de *transformisme*, théorie formulée, pour la première fois, par Lamarck, et qui, depuis les travaux de Darwin, a pris rang dans la science. Il n'y a pas d'alternative possible entre les deux opinions; ou bien toutes les espèces ont dû leur apparition à une création primitive, ou bien toutes les espèces ont été formées par la nature en vertu de lois naturelles, et dans ce cas l'hypothèse de l'évolution est celle qui explique le mieux les faits, elle est par conséquent, jusqu'à nouvel ordre, la seule que la science puisse et doive accepter: ses lacunes n'accusent que l'imperfection de la science; la première hypothèse en est la négation.

Par quels procédés les espèces ont-elles pu ainsi se former et paraître dans le courant des siècles? C'est le mérite de Darwin d'avoir déterminé, mieux qu'on ne l'avait fait jusqu'alors, les conditions qui interviennent dans cette formation. Ces conditions sont au nombre de quatre: la variabilité, la concurrence vitale ou la lutte pour l'existence, la sélection naturelle et l'hérédité.

Variabilité. — Tous les êtres vivants ont une aptitude plus ou moins grande à varier, c'est-à-dire à s'écarter, par quelques caractères, de leurs parents immédiats. Ces variations sont ou acquises et dues à des circonstances diverses (influence des milieux, habitudes, etc.), ou nées ou plutôt héritées, c'est-à-dire qu'elles ne sont que le retour d'un caractère qui avait autrefois existé chez un des ascendants et qui a disparu pendant une ou plusieurs générations. Quand les variations acquises sont légères, il y a formation d'une *variété*; quand elles sont notables, qu'elles portent sur plusieurs caractères ou sur des caractères importants, comme ceux de la reproduction, et quand ces caractères sont devenus permanents dans une série de générations, il y a formation d'une *espèce*; l'espèce est donc une variété fixée, la variété est une espèce commençante; pour que l'espèce se produise, il faut donc, comme on le verra plus loin, que l'hérédité et les autres conditions viennent.

Lutte pour l'existence. — Tous les êtres organisés tendent à se multiplier suivant une progression rapide. L'espèce humaine, dont la reproduction est très-lente, peut doubler en nombre dans l'espace de vingt-cinq ans, et si l'on prend la plupart des espèces végétales et animales, la progression est infiniment plus rapide. Il faut donc, et c'est ce qui arrive en effet, que des causes actives de destruction viennent contrebalancer cette multiplication indéfinie. Ces causes sont multiples et ont été très-bien étudiées par Darwin; la plus importante, sans contredit, est le manque de subsistances. La loi de Malthus est applicable non seulement à l'homme, mais à tous les organismes vivants, et le résultat est le même. Dans cette lutte pour l'existence, les individus les plus faibles, les plus vigoureux, les plus rusés, ceux qui ont quelque caractéristique, pourront survivre, tandis que les faibles périront, et ce qu'il faut remarquer, c'est que les variétés intermédiaires dont les caractères sont moins tranchés, moins accusés, tendront à disparaître les premiers, de façon qu'au bout d'un certain temps on ne trouvera plus, par exemple, que les deux variétés extrêmes qui apparaitront comme deux espèces différentes.

Sélection naturelle. — Parmi les caractères acquis par la variation chez un individu, il en est d'indifférents, mais ceux-là ne jouent aucun rôle dans la formation ou le maintien de l'espèce; aussi ne doit-on s'occuper qu'aux caractères utiles ou aux caractères nuisibles à l'individu. Quand ces caractères sont utiles, l'individu a plus de chances de survie; il a plus de chances de mort quand ils sont nuisibles. Aussi comprend-on comment, étant donnés tel milieu, tel habitat, tel climat, telle condition d'existence, une espèce s'accroîtra tandis qu'une autre disparaîtra. Il se produit donc *naturellement*, parmi les êtres vivants, une véritable sélection, analogue à la sélection artificielle à l'aide de laquelle les éleveurs produisent telle ou telle race. A la sélection

naturelle se rattache la *sélection sexuelle*, à laquelle Darwin fait jouer un très-grand rôle dans ses derniers ouvrages.

4^e *Hérédité*. — Enfin l'hérédité est la dernière condition, et la condition indispensable, pour la formation des espèces. Pour que la variété devienne espèce, il faut que la variation acquise par l'individu se perpétue et se fixe dans ses descendants, et cette fixation ne se produit que quand les caractères acquis sont utiles à l'individu ou à l'espèce, puisqu'on a vu plus haut que, dans le cas contraire, l'espèce tend à disparaître.

Il y a probablement d'autres causes que celles indiquées par Darwin, mais dans l'état actuel de la question, elles sont les seules qui puissent être invoquées si on veut s'en tenir à l'examen des faits.

On a fait plusieurs objections à la théorie de Darwin. La principale est la suivante : Si toutes les espèces dérivent du même type primordial, on devrait retrouver les formes intermédiaires entre les espèces existantes. Mais, en premier lieu, on retrouve en effet, et chaque jour accroît leur nombre, ces formes de transition, et la meilleure preuve est dans les divergences qui existent entre les naturalistes et dans les difficultés qu'ils éprouvent dans le classement et la délimitation des espèces. C'est ainsi qu'à la limite des deux règnes, végétal et animal, se trouvent des êtres qu'il est à peu près impossible de rattacher à l'un des deux règnes et qui constituent la transition de l'un à l'autre. C'est ainsi, pour ne citer qu'un exemple, que la lacune entre les vertébrés et les invertébrés semble devoir disparaître. On a trouvé récemment une corde dorsale dans les larves de certains mollusques tuniciers les ascidies, et dans certaines espèces (*Cynthia*) la queue de la larve d'ascidie atteint un degré d'organisation tel qu'elle se rapproche de celle des jeunes poissons ou des têtards de batraciens. Ensuite, comme le fait remarquer Darwin, il ne faut pas considérer deux espèces existantes comme provenant l'une de l'autre, et vouloir à tout prix trouver la forme intermédiaire entre ces deux espèces, mais il faut les considérer comme provenant toutes deux d'un ancêtre commun inconnu. Ainsi le pigeon-paon et le pigeon grosse-gorge ne descendent pas l'un de l'autre, mais ils descendent tous deux du pigeon de rocher et chacun par des formes intermédiaires qui lui appartiennent en propre. En outre, on a vu plus haut que les formes intermédiaires disparaissent plus facilement, pour ne laisser subsister que les formes extrêmes. Enfin, les documents géologiques et paléontologiques sont encore trop incomplets pour qu'on puisse objecter à la théorie de Darwin la non-existence de formes intermédiaires dans les terrains fossilifères, d'autant plus que beaucoup de ces formes ont été retrouvées.

Quant à l'objection que jusqu'ici aucune espèce nouvelle n'a été formée sous nos yeux, elle tombe devant ce fait que l'espèce ne se forme que peu à peu et lentement, de sorte que les modifications successives

produisent pour faire de la variété une espèce, ne peuvent être à un moment donné, pas plus que nous ne voyons le mouvement de l'aiguille qui parcourt cependant le cadran d'une montre en heures. D'ailleurs, si on leur montrait la production d'une espèce pouvant se reproduire par le croisement de deux espèces pures, les adversaires de la théorie s'empresseraient de dire que c'est à tort qu'on considérerait ces deux espèces comme différentes, car elles ont pu donner lieu à un produit fécond, et ils en feraient tout simplement des variétés.

Or, maintenant ont pu se produire ces types primordiaux, les ancêtres de tous les êtres organisés? Ici encore les deux opinions sont en présence. Les uns admettront une création, les autres, l'évolution me paraît préférable, croient qu'il n'y a là qu'une transition de la matière brute en matière vivante, faite sous certaines conditions qui nous échappent et d'après des lois naturelles. Je crois du reste, de rappeler les hypothèses émises sur ce sujet, puisqu'il est impossible de les vérifier expérimentalement jusqu'à nouvel

DEUXIÈME SECTION.

DE L'ESPÈCE HUMAINE.

1° *Des races humaines.*

Les caractères distinctifs de l'homme et de l'animal ont été donnés page 33. Je me contenterai ici de donner les caractères distinctifs des différentes races humaines. On a admis pour les classifications des races humaines trois bases différentes, suivant les auteurs : l'organisation, la langue, l'habitat ; de ces espèces de classifications des races humaines : les classifications anatomiques, les classifications linguistiques, les classifications géographiques. Dans un traité de ce genre, il ne peut y avoir qu'une classification anatomique, et la langue et l'habitat peuvent être utilisés que pour confirmer les données de l'anatomie et de la physiologie.

La classification anatomique s'appuie principalement, outre la classification générale, sur trois sortes de caractères : la couleur de la

peau, le système pileux et l'ostéologie, spécialement sur l'ostéologie du crâne.

La plupart des naturalistes suivent la classification adoptée par Blumenbach et divisent l'espèce humaine en cinq races : race blanche ou caucasique, race jaune ou mongole, race brune ou malaise, race rouge ou américaine, race noire ou éthiopienne.

1° *Race caucasique*. — Le cerveau est volumineux, le crâne est ovale, symétrique, ordinairement mesocephale (indice céphalique entre 77 et 80), bien développé, et a une capacité qui varie de 1,400 à 1,572 centimètres cubes ; le front est haut, saillant, bombe ; le maxillaire inférieur est petit, les dents verticales, le nez plus ou moins droit, allongé, les cheveux noirs, clairs ou foncés, ayant souvent une tendance à friser. Elle habite l'Europe, l'Arabie, l'Asie-Mineure, la Perse, l'Indoustan et une partie de l'Amérique.

2° *Race mongole*. — Crâne pyramidal, face large, apate, pommettes saillantes ; nez peu proéminent, yeux écartés et obliques, cheveux droits, gros et noirs, barbe rare, peau olivâtre ; taille peu élevée. La puberté se développe très-vite dans cette race. Elle habite l'Asie et la partie nord de l'Amérique.

3° *Race malaise*. — Les Malais présentent des caractères assez variables, ils ont le crâne élargi latéralement, ordinairement brachycephale ; les yeux sont noirs, largement ouverts, le nez épais, les lèvres grosses, les pommettes et la mâchoire saillantes, les cheveux noirs, lustrés, la peau brune tirant tantôt sur le jaune, tantôt sur le rouge. La puberté est précoce. Ils habitent la Polynésie, les Philippines, l'archipel de la Sonde, la presqu'île de Malacca, Madagascar, etc.

4° *Race américaine*. — Le front est assez large, mais bas et déprimé, les yeux grands et ouverts, le nez long et étroit, les lèvres assez minces, les cheveux noirs et lisses, la peau rouge ou cuivrée. Elle habite le nouveau continent.

5° *Race nègre*. — Le cerveau est petit, le crâne se caractérise par la dolichocéphalie et le prognathisme ; la capacité crânienne est de 1,347 centimètres cubes en moyenne et peut descendre à 1,228 (Australiens) ; le front est bas et fuyant, les yeux sont foncés, le nez large et écrasé à sa racine, les lèvres épaisses, les cheveux noirs, rudes, laineux, la peau noire ou brune, les os longs, les mollets peu saillants, le pied plat. Ils habitent l'Afrique, l'Australie, Bornéo, Timor, etc.

Le tableau suivant donne les classifications des races humaines après d'Omalus d'Halloy.

Classification d'Omalus d'Halloy.

RACES.	BRANCHES.	FAMILLES.	PEUPLES.
Race humaine.	Européen.	Teutonne	<ul style="list-style-type: none"> Germanins. Scandinaves. Anglais. Français.
		Latine	<ul style="list-style-type: none"> Hispaniens. Italiens. Valaques.
		Grecque	<ul style="list-style-type: none"> Grecs. Albanais.
			Russes
			Bulgares.
			Serbes.
			Slovenes (Carniole, Carinthie, Styrie).
		Slave	<ul style="list-style-type: none"> Wendes (Poméranie, Mecklembourg). Tchèkes (Bohême, Moravie). Polonais. Lithuaniens.
		Erso-Kymri	<ul style="list-style-type: none"> Gaëls (Irlande, Écosse). Kymris (Gallois, Bretons).
		Basque.	
		Berbère.	
		Copte.	
		Sémitique	<ul style="list-style-type: none"> Arabes. Juifs. Syriens. Persans. Afghans.
		Araméen	<ul style="list-style-type: none"> Persique Béloutchis. Kourdes. Arméniens. Ossètes (Caucase).
		Géorgienne.	
		Scythique	<ul style="list-style-type: none"> Circassiens. Magyars. Turcs. Finnois.

RACES.	BRANCAUX.	FAMILLES.	PEUPLES.
Jaune. . .	Hyperboréen .	Laponne.	
		Samoïède.	
		Iénisséenne.	
		Iukaghise.	
		Koriake.	
		Kamtchadale.	
		Esquimaux.	
	Mongol . . .	Iakoute.	
		Mongole	{ Kalmouks.
			{ Mongols.
			{ Bouriates.
	Sinique . . .	Toungouse . . .	{ Toungouses.
			{ Mandchoux.
		Tibétaine.	
Brune. . .	Éthiopien . .	Chinoise.	
		Coréenne.	
	Hindou. . . .	Japonaise.	
		Abyssiniens.	
	Indo-chinois. .	Peuls.	
		Hindoue.	
		Malabare.	
		Birmans.	
		Péguans.	
	Malais. . . .	Siamois.	
		Annamites.	
		Cambodgiens.	
Rouge. . .	Mérional. . .	Malais.	
		Polynésiens.	
		Micronésiens.	
		Quichuas (Pérou, Équateur).	
		Antisiens (Bolivie).	
		Araucaniens.	
		Pampéens (Patagonie, Rio-Colorado).	
		Chiquitéens (Bolivie).	
		Moxéens.	
		Guaraniens.	
	Septentrional. .	Nahuatis (Nicaragua).	
		Otomis (Mexique).	
		Floridiens.	
		Iroquois.	
		Delawares.	
		Sioux.	
		Apaches.	
		Peuplades du Nord.	

RACES.	BRANCHES.	FAMILLES.
Noire. . .	Occidental . .	Cafres.
		Hottentots.
	Oriental. . .	Nègres.
		Papous.
		Andamènes.

2° Origine de l'espèce humaine.

L'homme ne peut être isolé du reste des êtres vivants auxquels le rattachent étroitement des affinités histologiques, anatomiques et embryologiques qu'il est impossible de récuser. Tous les éléments de l'organisme humain se retrouvent avec leurs caractères, leurs propriétés, leurs dimensions même, dans l'organisme animal; qu'on prenne chez l'un et chez l'autre une cellule épithéliale, une fibre musculaire, une cellule nerveuse, et, la plupart du temps, il sera à peu près impossible d'en déterminer la provenance; il y a évidemment des différences, surtout pour certains éléments et pour des êtres éloignés, mais, d'une façon générale, on peut dire que la ressemblance est la règle, et la différence l'exception. Si l'on prend, au contraire, les êtres les plus rapprochés de l'homme, ce n'est plus de la ressemblance qu'il y a entre les éléments histologiques, c'est de l'identité. La parenté anatomique de l'homme avec les anthropomorphes a déjà été étudiée page 33, et on a vu que, comme l'a démontré Huxley, il y a moins de distance entre l'homme et les singes anthropomorphes qu'entre ceux-ci et les singes inférieurs; *anatomiquement*, il serait plus facile de faire un homme d'un gorille, qu'un gorille d'un cynocéphale.

On se trouve donc conduit invinciblement à appliquer à l'homme la théorie de l'évolution, appliquée déjà à la formation des espèces animales, et il est difficile de ne pas arriver à cette conclusion si on examine de près les faits d'atavisme cités par Darwin dans son livre sur la descendance de l'homme, et par Hæckel dans sa *Morphologie générale*. Cette parenté généalogique de l'homme peut seule expliquer les organes rudimentaires, les anomalies et une partie des monstruosité qu'on rencontre dans l'organisme humain. Si l'on n'admet pas cette théorie de la descendance de l'homme, il faut renoncer à expliquer une foule de

phénomènes physiologiques et pathologiques et considérer comme des *jeux de la nature* des faits qui s'interprètent au contraire facilement si l'on admet la généalogie animale de l'homme et l'influence réversive de l'atavisme.

Cela ne veut pas dire qu'on puisse trouver, dans une des espèces animales vivantes actuellement, les ancêtres directs de l'homme, il est plus probable, au contraire, que les deux descendent d'une souche commune, éteinte aujourd'hui, qui aurait donné naissance, en passant par une série de formes intermédiaires, aux anthropomorphes d'une part, aux ancêtres de l'homme primitif de l'autre.

3° *L'homme préhistorique.*

D'après quelques auteurs (d'abbé Bourgeois), l'homme aurait existé déjà dans la période tertiaire (miocène), ainsi on aurait trouvé des silex taillés et des dessins avec des os de dinotheres. Mais les faits sont trop peu nombreux jusqu'ici pour qu'on puisse admettre sans réserve l'existence de l'homme tertiaire.

L'existence de l'homme quaternaire, au contraire, paraît aujourd'hui parfaitement démontrée. La période de l'existence antéhistorique de l'homme peut se diviser en quatre périodes secondaires, auxquelles on peut donner le nom d'âge de la pierre brute, âge de la pierre polie, âge de bronze et âge de fer.

1° *Âge de la pierre brute époque du diluvium, époque paléolithique* — L'homme de cette époque était contemporain du mammouth, de l'ours des cavernes, du rhinocéros, du bœuf de laine et d'autres animaux disparus. Le cerf était abondant (âge du renne), ce qui indique un climat différent du climat actuel. Le chien n'existait pas encore comme animal domestique. L'homme se servait d'instruments en corne, en os et en pierre. Les silex étaient d'abord simplement éclatés (âge de la pierre éclatée), puis taillés pour former des haches, des couteaux, des poinçons, etc. L'homme ne connaissait ni la poterie ni les métaux, il ne connaissait pas l'agriculture (car on ne peut retrouver de céréales). Il était probablement chasseur et, en cas de besoin, anthropophage. C'est à cette époque que se raient les *hjökkenmøddings* ou amas de coquilles trouvés en Danemark. Le squelette de cette race préhistorique est peu connu.

le tibia est aplati, l'humérus souvent perforé, la région mastoïdienne effacée.

Les cavernes à ossements paraissent appartenir à une époque antérieure (âge des cavernes), et il semble y avoir eu à cette époque une race différente de la race ci-dessus ; on a trouvé en effet des dessins sur os et sur pierre et des sculptures indiquant un certain sentiment artistique. Les crânes rencontrés dans ces cavernes (le crâne d'Engis, par exemple) ressemblent aux crânes actuels.

2° *Age de la pierre polie (âge néolithique)*. — Les animaux de cette période sont le *bos primigenius*, l'aurochs, l'élan, le cerf, le sanglier, le porc ; le chien, le bœuf, le mouton, la chèvre, le porc vivaient à l'état domestique ; le cheval était rare, sinon inconnu. L'homme ne connaît encore aucun métal, sauf l'or, mais il polit ses instruments en silex ; il est agriculteur et pasteur ; il connaît le blé et l'orge et fait avec leur farine une sorte de pain ou plutôt de gâteau non levé. Il fabrique une poterie grossière, d'une cuisson très-imparfaite, sur laquelle il trace des dessins avec le doigt, avec l'ongle, avec une corde enroulée autour. Il s'habille de peaux de bêtes, mais sait déjà tisser avec le lin et le chanvre quelques étoffes grossières. Les cadavres sont ordinairement ensevelis assis, quelquefois incinérés. Le crâne est brachycéphale, l'arcade sourcilière épaisse. C'est l'époque des grands *tumuli* et de quelques habitations lacustres.

3° *Age de bronze*. — Les animaux domestiques sont plus nombreux, et parmi eux on trouve le cheval. Il y a encore des instruments en pierre, mais les instruments et les objets de bronze sont très-nombreux ; par contre, les objets en cuivre ou en étain pur sont excessivement rares. La monnaie est inconnue. Les poteries sont plus variées, mieux faites. Les ornements des poteries et des objets de bronze sont formés de dessins géométriques (cercles, spirales, etc.) très-variés et souvent d'une grande délicatesse d'exécution : il n'y a pas de figures de plantes ou d'animaux. C'est surtout dans cette période que la vie nomade paraît avoir fait place à la vie sédentaire. C'est l'époque des habitations lacustres, des dolmens, des cercles et des rangées de pierres. Les cadavres sont ordinairement incinérés, ce qui explique la rareté des crânes de cette période ; quelquefois cependant ils sont enterrés assis.

4° *Age de fer*. — Le fer remplace le bronze pour les armes,

les haches, les couteaux ; le bronze est encore conservé pour les poignées, les objets d'arts, les bijoux. La poterie est mieux faite et ressemble à la poterie romaine; le verre paraît. Les dessins d'ornementation consistent surtout en imitation de plantes et d'animaux. Les cadavres sont enterrés couchés.

Bibliographie. — LAMARCK : *Philosophie zoologique et Histoire des animaux vertébrés*, 1815. — CH. DARWIN : *De l'Origine des espèces* (trad. par M^{re} C. REY), 1802, et la *Descendance de l'homme et la Sélection sexuelle* (trad. par M. C. REY), 1872. — CH. LYELL : *L'Ancienneté de l'homme*, trad. par CHIFFER, 1861. — J. LEBROCK : *L'Homme avant l'histoire*, trad. par BARRIER, 1867. — AGASSIZ : *Des types et des classifications*, trad. par VIRELLI. — DE QUATREFAGES : *Cours de l'homme et ses précurseurs français*, 1870. — HAECKEL : *Morphologie générale des organismes*, trad. par LETOURNEAU, 1874. — DUROUDEL GROS : *Les Origines raciales de l'homme*, 1871. — OTTO SCHMIDT : *Descendance et Darwinisme*, 1875. — REAGAN : *les Principes de la physiologie*, 1875.

Bibliographie générale. — HALLER : *Elementa physiologia corporis humani*, 1757-1766. — P.-J. BARTHEZ : *Nouveaux Éléments de la science de l'homme*, 1794. — G.-R. TREVIRANUS : *Biologie*, 1802-1804. — X. BICHAT : *Recherches physiologiques sur la vie et la mort*, 1800. — RICHIERAND : *Nouveaux Éléments de physiologie*, 1806. — J. LORDET : *Ébauche du plan d'un traité complet de physiologie*, 1811. — VIRELLI : *Précis élémentaire de physiologie*, 1816. — N. P. ADELPHI : *Physiologie de l'homme*, C.-F. BURDACH : *la Physiologie considérée comme science naturelle*, trad. par JOURDAN, 1811-1812. — J.-C. LEONALLOIS : *Œuvres physiologiques*, 1812. — P. N. GROSS : *Physiologie médicale*, 1821. — F. TIEDEMANN : *Physiologie générale*, trad. par JOURDAN, 1811. — DE BLAISEVILLE : *Cours de physiologie comparée et comparée*, 1833. — J. MÜLLER : *Manuel de physiologie de l'homme*, trad. par JOURDAN, 1845, 2^e éd., 1851. — R. B. T. O. : *The Physiology of man*, 1841-1852. — J. L. BRACHET : *Physiologie de l'homme*, 1841. — A. BARRIER : *Traité de physiologie comparée*, 1848. — R. WAGNER : *Handbuch der Physiologie*, 1842-1854. — W. B. CARPENTER : *Principles of human physiology*, 2^e éd., 1869. — R. B. TODD et BOWMAN : *The physiological anatomy and physiology of man*, 1841-1856, 2^e éd., 1866. — G. VALENTIN : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1844. — CARL VOGT : *Physiologie des Menschen*, 1845-1847. — M. VIRELLI : *sur les phénomènes physiques des organismes*, 1847. — P. BICHAT : *Recherches physiologiques*, 1844-1855. — T. HENRI : *Lehrbuch der speziellen Physiologie des Menschen*, 1844. — F. A. LORDET : *Traité de physiologie*, 1850. — J. C. LORDET : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1852-1866. — G. COHEN : *Traité de physiologie comparée des animaux domestiques*, 1851-1858, 2^e éd., 1875. — F. FÜRKE : *Lehrbuch der Physiologie*, 1854-1856, 5^e éd., 1869. — C. L. LEBRON : *Leçons de physiologie expérimentale*, 1854-1855. — Introduction à l'étude de la physiologie expérimentale, 1865. — Leçons de pathologie expérimentale, 1871. — Leçons de physiologie des animaux domestiques, 1866. — DANDRE : *Physiologie des Menschen*, trad. par FLOURENS : *Cours de physiologie comparée*, 1856. — HENRI : *Human physiology*, 1856. — MILNE EDWARDS : *Leçons sur la physiologie comparée de l'homme et des animaux*, 1854-1875. — BÉRAUD : *Éléments de physiologie*, 1857. — SCHMIDT : *Lehrbuch der Physiologie*, 1858. — J. B. BENNETT : *Outline of physiology*, 1858. — G. Compennium der Physiologie, 1859. — J. C. DALMAN : *Leçons de physiologie*, 1859. — G. H. LEWIS : *Physiology of common life*, 1859. — C. VALENTIN : *Grundriss der Physiologie des Menschen*, 1860-1861. — L. HENRI : *Leçons de physiologie des Menschen*, 1863, trad. française par ROY, 1862. — W. W. V. : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen*, 1864, trad. française par A. BARRIER, 1871. — A. RATTI : *Institutione elementare di fisiologia umana*, 1864. — A. FLINT : *Physiology of man*, 1865. — RANKIN : *Grundriss der Physiologie*, 2^e éd., 1872. — F. L. ASANA : *Manuale pratico di fisiologia*, 1872. — L. J. : *Traité de physiologie (incompl.)*, 1869. — L. J. : *Manuale di fisiologia*, 1872. — K. : *Cours de physiologie* (redigé par M. DUBA), 1872, 1^e éd., 1874. — DUBA : *Programme du cours complémentaire de physiologie fait à la Faculté de Strasbourg*, 1872. — E. BARRIER : *Vorlesungen über Physiologie*, 1873. — J. B. : *Traité élémentaire de physiologie*, 6^e édition.

Publications périodiques. — *Journal de physiologie expérimentale de BORDIER*, 1821-1828. — *Journal de physiologie de BARRIER-SAGUARD*, 1828-1830.

Journal de l'anatomie de ROBIN, depuis 1864. — *Archives de physiologie* depuis 1864. — *Revue des sciences médicales* de HAYEM. — JOH. MÜLLER's Archiv. — *Archiv für Anatomie und Physiologie* de REICHERT et DU BOIS REYMOND. — *Archiv für die gesammte Physiologie* de F.-W. PFLÜGER. — *Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig* de LUDWIG. — *Jahresbericht über die Leistungen und Fortschritte in der gesammten Medicin*, par VIRCHOW et HIRSCH. — *Bericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie*, par J. HENLE et F. MEISSNER. — *Jahresberichte über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie*, par F. HOFMANN et G. SCHWALBE. — *Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften*. — *Journal of anatomy and physiology*, etc. — Consulter aussi les Comptes rendus des Sociétés savantes et en particulier les Comptes rendus de l'Académie des sciences, etc.

NOTES ADDITIONNELLES

NOTE I.

HAYEM : *De la numération des globules du sang.* (Addition à la page 24.)

On fait le mélange du sang et du sérum (liquide albumineux, sérum iodé) dans une petite éprouvette; le sang et le sérum ayant été aspirés dans des pipettes graduées, on connaît la quantité qu'on en a prise et par suite le titre du mélange. On dépose une goutte du mélange dans une cellule formée par une lamelle de verre épaisse de $\frac{1}{2}$ de millimètre, perforée à son centre et collée sur une lame de verre, et on recouvre d'une lamelle de verre. L'oculaire du microscope contient un micromètre oculaire, qui porte un carré divisé de $\frac{1}{2}$ de millimètre de côté, valeur de l'épaisseur de la cellule qui contient le mélange; le carré divisé de l'oculaire donne donc à l'œil de l'observateur la projection d'un cube de $\frac{1}{2}$ de millimètre de côté, et en comptant les globules contenus dans ce carré, on aura le nombre de globules contenus dans un cube de $\frac{1}{2}$ de millimètre de côté; en multipliant par 25, on aura le nombre de globules renfermés dans 1 millimètre cube du mélange, et en multipliant ce chiffre par le titre du mélange, on aura le nombre de globules contenus dans 1 millimètre cube de sang.

Dans ce procédé comme dans tous les procédés connus jusqu'ici, les causes d'erreur sont très-nombreuses. (*Gazette hebdomadaire*, 1875, n° 19.)

NOTE II.

***De l'acide du suc gastrique.* (Addition à la page 159.)**

Contrairement aux recherches de Laborde, R. Maly n'a pu constater la présence de l'acide lactique dans le suc gastrique. La question, en somme, en étant toujours au même point, il me paraît inutile d'entrer dans plus de détails.

NOTE III.

***Vitesse de la transmission nerveuse dans les nerfs et dans la moelle.*
(Addition aux pages 300 et 1029.)**

Dans des recherches récentes, pour le détail desquelles je renvoie au mémoire de l'auteur, Bloch arrive à des conclusions qui contredisent

plusieurs points les conclusions admises jusqu'ici par les physiologistes. D'après lui, la transmission serait plus rapide dans la moelle que dans les nerfs; elle serait en moyenne de 194 mètres par seconde pour la moelle, de 132 mètres par seconde pour les nerfs. (*Société de biologie et Gazette médicale de Paris*, 1875.)

NOTE IV.

Sur le sang de la rate. (Addition à la page 497.)

Malassez et Picard (*Recherches sur le sang de la rate; Gazette médicale de Paris*, 1875) ont trouvé le sang veineux qui revient de la rate plus riche en globules rouges que le sang artériel, et cette augmentation du nombre des globules rouges est plus considérable quand on paralyse l'organe par la section de ses nerfs. Le sang contenu dans le tissu splénique est aussi plus riche en globules que le sang artériel, et le sang de la rate paralysée en contient plus que le sang de la rate intacte. L'augmentation de globules dans la rate paralysée ne peut être attribuée à une simple concentration du sang.

J. Tarchanoff et A. Swaen (*Des Globules blancs dans le sang des vaisseaux de la rate; Archives de physiologie*, 1875) ont constaté que, contrairement à l'opinion généralement acceptée, le sang de la veine splénique contient ordinairement moins de globules blancs que le sang de l'artère. La paralysie paralytique de la rate (par section de ses nerfs), détermine la diminution des globules blancs dans le sang veineux qui émane de la rate, que cette diminution tiende à leur accumulation dans l'organe, à leur destruction, ce qui est plus probable, à leur transformation en globules rouges.

NOTE V.

*Précis des expériences physiologiques et anatomiques de l'auteur
révisées à la page VII.*

Je crois devoir insérer ces notes additionnelles par suite de l'attention et du dévouement de M. L. L. L.

Des expériences physiologiques et anatomiques de l'auteur et de physiologie expérimentale.

- L'expérience physiologique par laquelle on trouve les vaisseaux et les nerfs
- dans les vaisseaux et les nerfs, l'expérience et l'expérience de la
- l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la
- que l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la
- que l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la
- que l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la
- que l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la
- que l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la

- La note sur la physiologie et la physiologie de la
- l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la
- l'expérience de la physiologie et de la physiologie de la

- La physiologie et la physiologie de la

- ciale dans l'étude des centres nerveux, puisqu'il permet d'atteindre les
- parties profondes inaccessibles jusqu'ici à l'instrument, ou accessibles
- seulement au prix des plus graves mutilations. Ce procédé peut aussi
- avoir, comme on le verra plus bas, une plus grande extension.
- Le manuel opératoire est très-simple. Comme instruments, on perfor-
- teur, s'il y a des os à traverser, une canule à trocart qu'on enfonce à une
- profondeur déterminée d'avance dans une direction donnée et une se-
- ringue à injection sous-cutanée.
- Le choix de la substance à injecter varie évidemment suivant le but à
- atteindre. Les liquides injectés peuvent être :
- 1° Des liquides *inertes* agissant mécaniquement par pression et disten-
- sion,
- 2° Des liquides *corrosifs*, détruisant la substance organique avec laquelle
- ils sont en contact,
- 3° Des liquides *diffusibles* pouvant se mélanger aux sucs propres de l'or-
- gane ou du tissu, et agir sur lui par leurs propriétés médicamenteuses et
- toxiques,
- 4° Des liquides *solidifiables* susceptibles de se solidifier après l'injection,
- agissant d'abord mécaniquement, puis comme corps étrangers introduits
- sur les tissus.
- On pourra, du reste, faire varier, suivant les cas et dans les limites et
- plus étendues, la température de ces différents liquides.
- Il est préférable d'employer les liquides colorés naturellement ou arti-
- ficiellement, pour pouvoir à l'autopsie retrouver exactement les limites et
- l'étendue de leur sphère d'activité.
- Les injections interstitielles ouvrent donc un nouveau et vaste champ à
- la physiologie expérimentale et en particulier à celle des centres ner-
- veux. Elles peuvent aussi servir aux recherches de physiologie patholo-
- gique et de thérapeutique.
- Les expériences à l'appui, dont la première a été faite dans mon cabinet
- à la Faculté de médecine de Strasbourg, le 9 mai 1868, seront ultérieu-
- rement communiquées à l'Académie.
- Le pli cacheté qui contenait cette note n'a été ouvert que dans la séance
- de l'Académie du 23 juillet 1872, mais, dès 1868, une partie des expériences
- avaient été répétées publiquement dans mes conférences de physiologie à la
- Faculté de médecine de Strasbourg.

TABLE ANALYTIQUE

A

	Pages.		Pages.
raction de réfrangibilité de l'œil	783	Accords consonnants	755
sphéricité de l'œil.	779	— de quatre sons	757
génèse	343	— dissonants	755
lisses (Ligne des).	XIII	— majeurs	756
rption	323	— mineurs	755
limentaire	408	Accouchement	1042
onditions de l')	327	Accroissement	334
tanée	480	Acétone	1076
la graisse	244	Achromatopsie	827
s albuminoïdes	408	Acide acétique	51
s gaz	244	— benzoïque	51
s graisses	409	— butyrique	52
s hydrocarbonés	409	— caprique	52
s liquides	244	— caproïque	52
s rayons lumineux dans l'œil.	787	— caprylique	52
s substances solubles	244	— carbolique	52
volatiles	244	— carbonique	77, 78, 95, 1083
gestive	408	— — (Origine de l')	536
oxygène	441, 451	— cérébrique	52
mérale	326	— chénotaurocholique	135
cale	326	— chloropeptique	389
mphatique	324	— cholalique	52
ar les chylifères	415	— choléique	52
ar les séreuses	482	— cholique	52
ar le tissu cellulaire	482	— choloïdique	52
ar le tube digestif	408, 481	— cryptophanique	52
ilmonaire	481	— cyanhydrique	1084
apidité de l')	325, 326	— cyanurénique	124
ôle de l'épithélium dans l') . .	243	— damalurique	52
nguine	324, 414	— excrétoïque	52
crétoire	411	— formique	52
ineuse	324	— glycocholique	52
isicale	482	— hippurique	53, 125
orptions locales	479	— — (Origine de l')	528
mmodation	789, 904	— hyoglycocholique	135
ords	755	— hyotaurocholique	135

	Pages.		Page.
Acide inosique.	54	Age, son influence sur la tempé- ture du corps	12
— lactique.	54	— Son influence sur la voix.	595
— — (Origine de l')	535	— — articulée.	619
— libre du suc gastrique.	159, 1100	— — le lait	139
— margarique.	54	— — l'élimination de l'acide car- bonique.	415
— oléique.	54	— — le sang.	105
— oxalique.	54, 121	— — les mouvements respiratoires	571
— — (Origine de l')	535	— — sur l'urine	121
— oxalurique	54	— viril	4053
— palmitique	54	Agglutination des sons articulés.	615
— paralactique	54	Agonie.	1000
— peptique.	389	Aiguille œsthésiométrique	875
— phénique.	55	Air complémentaire	426
— phosphoglycérique.	55, 531	— expiré	424
— pneumique	55	— — (Composition de l')	424
— propionique	55	— — (Température de l')	425
— sarcolactique	55	— — (Volume de l')	425
— stéarique	55	— inspiré	423
— succinique	55	— — (Composition de l')	423
— sulfocyanhydrique.	55	— — (État hygrométrique de l')	423
— taurocholique.	56	— — (Pression de l')	423
— taurylique	56	— — (Température de l')	421
— urique.	56, 120	Albuminate basique	57
— — (Dosage de l')	118	Albumine acide	57
— — (Origine de l')	525	— coagulée (Digestion de l')	365
Acides.	194	— crue (Digestion de l')	366
— aromatiques (Origine des).	535	— de l'œuf.	57
— biliaires	51, 130	— du sérum	57
— — (Origine des).	521	Albuminoïdes.	50, 50
— gras volatils (Origine des).	534	— (Action de la bile sur les)	36
— inorganiques	45	— (Action du suc gastrique sur les)	37
— organiques.	46, 48	— (Action du suc intestinal sur les)	39
— végétaux dans l'alimentation.	367	— (Action du suc pancréatique sur les)	38
Aconitine	1082	— (Caractères des).	54
Actes instinctifs.	316	— (Classification des)	39
— intimes de la nutrition.	322	— de l'alimentation	365
— psychiques	317	— de l'organisme	392
Action des muscles de l'œil.	838	— (Digestion des)	407
— psychique de la moelle	937	— (Réactions des)	59
— réflexe	309	Albuminose	64, 300
— — de la moelle	932	— de cuisson.	300
Actions nerveuses d'arrêt.	320	Alcalis.	126
Activité cérébrale, son influence sur l'urine.	123	Alcaloïdes.	1000
Acuité de la vue.	773	— dans l'alimentation	300
Adaptation (voir : <i>Accommodation</i>).		Alcaptone.	60
Adolescence.	1053	Alcool	60, 1073
Aérotonomètre.	438	— dans l'alimentation	364
Æsthésiomètre.	877	— méthyllique	365
— de Liégeois	888	— samylique.	365
Æsthésiométrique (Aiguille)	875	Alcools.	44, 121
Affinité élective des cellules	216	Aldéhyde	1024
Age de bronze.	1097	Aldéhydes.	120
— de fer.	1097	Alimentaires (Substances)	300
— de la pierre brute	1096		
— de la pierre polie	1097		

TABLE ANALYTIQUE.

1105

	Page.		Page.
action exagérée.	510	Angiographie de Landolt.	688
amante	505	Angle ascensionnel.	835
influence sur le lait.	503	— auditif	736
l'élimination d'acide car-	140	— de déplacement latéral.	835
bonique.	445	— — vertical.	835
le sang.	105	— de rotation de l'œil	836
l'urine	122	— de tordion de l'œil.	836
l'	358	— visuel.	772
soires	368	Anhydratation	359
sinolides	366	Animaux à sang chaud.	707
igne	537	— — froid.	707
carbonés.	384	— à température constante.	707
aux.	380	— — variable	707
ension des).	622	— (Caractères des).	708
tion des).	578	Anthropomorphes	84
sa	357	Antiarine	1048
pérature des).	374	Aphakie	783
se	60	Apnée.	576
t phonétique.	614	Apomorphine	1078
nt phonétiques	611	Appareil à flamme manométri-	
.	8	ques.	601
se (Œil)	778	— d'Andral et Gavarret	419
de.	777	— de De Bois Reymond	xxiv
.	208	— de Ludwig et Dogiel.	498
.	197	— de J. Müller	740
.	364	— de Müller.	419
.	395	— de Pettenkofer	419
.	379	— de Regnault et Reiset	416
.	393	— lacrymal	803
.	365	Appareils	xi
.	407	Apposition.	14
.	80	Arrachement du moteur oculaire	
.	533	commun.	909
.	186	— du spinal.	948
.	580	Arrêt (Actions nerveuses d')	830
.	1076	Articula (Sons)	597
.	1076	Art musical	741
.	60	Asphyxie	676
.	181	Assimilation.	28, 232, 514
.	111	Astigmatisme (Lentille).	743
.	118	Astigmatisme irrégulier	740
.	137	— régulier.	780, 781
.	100	Astigmomètre	743
.	822	Atomes	1
.	883	Atomique (Hypothèse).	1, 2
.	424	Atropine.	1080
.	505	Auditif (Nerf)	929
.	545	Audition.	728
.	586	Auditives (Sensations).	742
.	xxx	Auraséminalle.	850
.	1069	Auriculaire (Ramen)	947
.	682	Automatiques (Mouvements).	815
.	1073, 1076	Automatisme du cœur	661
		spontané des cellules nerveuses.	392
		Axe auditif	736
		— de rotation de l'œil	835

	Pages.		Page.
Axe principal	762	Azote	76, 74, 95
— secondaire	762	Azotés (Composés organiques) . .	4

B

Bâillement	574	Bile. Son action sur les aliments. .	25
Balancement des circulations lo- cales	675	— — graisses.	25
Baryton.	592	— — hydrocarbonés	26
Base de sustentation.	547	— (Usages de la).	26
Bases inorganiques	45	— (Variations de composition de la)	133
Bases organiques.	48	Bilifuchscine	6
— physiologiques de la psycho- logie	1016	Biliprasine	61
Basse	592	Bilirubine.	61, 134
Bâtonnets.	806, 827	— (Origine de la)	59
Battements	752	Biliverdine	61, 131, 521
Besoin	304	Binoculaire (Diplopie	83
Besoins	895	— (Vision).	81
Bière	377	Blaiement	611
Bile.	129	Blastème.	219
— (Action post-digestive de la). .	396	Blastoderme (Formation du). . .	351
— (Analyse de la).	131	Boissons.	36
— Changements dans l'intestin .	135	— acidules	37
— (Composition chimique de la). .	130	— alcooliques.	36
— (Gaz de la)	131	— gazeuses	37
— incolore	521	— sucrées.	37
— (Influence de la circulation sur la)	133	Bol alimentaire.	400, 623
— (Influence de la digestion sur la)	133	Bouillon.	33
— (— de l'innervation sur la). .	134	Bromoforme.	107
— (Physiologie comparée de la). .	135	Brucine.	120
— (Quantité de).	129	Bruit rotatoire des muscles . . .	36
— (Rôle physiologique de la). . .	135	Bruits.	73
— Sa résorption dans l'intestin .	397	— du cœur.	69
— Son action sur les albuminoïdes	395	— vasculaires	69
		Bulbe (Physiologie du).	90
		Butalanine	6

C

Café.	377	Caractères essentiels de la vie . .	2
Calorimétrie.	704	— généraux des corps vivants . .	17
— indirecte	705	— matériels des corps vivants . .	17
Canaux demi-circulaires (Lésion des).	929	— morphologiques des corps vi- vants	19
Capacité pulmonaire.	426, 429	Carbonates	38
— vitale.	426, 430	— (Origine des).	35
Capsules surrénales	178, 997	Carbures d'hydrogène	12
Caractères distinctifs des animaux et des végétaux	26, 29	Cardiographe clinique.	26
Caractères dynamiques des corps vivants	19	— de Legros et Onimus	24
		— de Chauveau et Marey	24
		— de Marey	26

TABLE ANALYTIQUE.

1170

	Page.		Page.
Jardiographe simple.	648	Centre génito-spinal.	986
Jardiographie.	646	— glycogénique.	904
Cardiomètre de Cl. Bernard.	644	— inspirateur.	993
Jaraine.	61	— moteur des muscles de la face.	993
Carnivores (Urine des).	124	— respiratoire.	985, 993
Caséine.	61, 136	— salivaire.	995
— (Digestion de la).	385	Centres de tonicité musculaire.	987
— végétal (Digestion de la).	345	— moteurs de la substance corti-	
Castrate (Voix des).	597	cale.	1014
Cathéter pulmonaire.	494	— nerveux (Chimie des).	175
Cellulaire (Contenu).	214	— (Physiologie des).	977
— (Évolution).	219	— vaso-moteurs.	947
— (Excrétion).	217	Cercle chromatique.	823
— (Irritabilité).	217	Cercles de diffusion.	775
— (Nutrition).	216	de sensation.	834
— (Physiologie).	204	Céréales.	873
— (Sécrétion).	217	Cérébrine.	61
— (Territoire).	218	Cérébro-spinal (Liquide).	115
— (Théorie).	224	Cérébrote.	62
— (Multiplication).	219	Cérumen.	142
Cellule.	204, 211, 214	Cervelet (Physiologie du).	1004
— (Membrane de).	212	Chair musculaire (Digestion de la).	346
— nerveuse motrice.	200	Chaleur animale.	703
— nerveuse sensitive.	200	(Déperdition de).	710
— (Noyau de).	214	Champ auditif.	735
Cellules.	214	— tactile.	891
— (Durée des).	223	— visuel.	940
— (Formation libre des).	219	— — monoculaire.	840
— (Génération endogène des).	220	Chaos lumineux.	800
— (Génération par bourgeonne-		Chatouillement.	871
ment des).	221	Chausse-pied exploratrice.	551
— (Génération par scission des).	221	Chaux (Sels de).	362
— (Génération protoplasmique		Cheveux.	171
des).	219	Chimie.	16
— (Mort des).	223	— physiologique.	xii, 43
— (Mouvement des).	218	Chloral.	1075
— nerveuses.	300	Chloramyle.	1077
— (Transformation chimique des).	223	Chloroforme.	1073
Cellulose.	365	Chlorophylle.	26
Centre accélérateur du cœur.	955	Chlorure de méthyle.	1076
— ano-spinal.	946	— — monochloré.	1076
— oculo-spinal.	983	— — tétrachloré.	1076
— convulsif.	998	— de sodium, comme aliment.	560
— d'arrêt du cœur.	956	— d'éthyle.	1076
— de gravité du corps.	547	— d'éthylène.	1076
— de la phonation.	904	Chlorures.	363
— de rotation de l'œil.	833	Choe du cœur.	657
— des mouvements de dégluti-		Cholestérine.	62, 131
tion.	994	— (Origine de la).	586
— — de la mâchoire inférieure.	995	Cholétéline.	62
— — de la vessie.	987	Choline.	63
— — des membres.	986	Chondrigène (Substance).	62
— diabétique.	994	Chondrine.	62
— du dilatateur de la pupille.	994	Chondroglycose.	62
— du langage articulé.	1013	Chromatique (Cercle).	823
— expirateur.	993	— (Touple).	819

	Pages.		Pages.
Chromatique (Triangle)	824	Colorées (Phases)	930
Chuchotement	597	Colostrum	136, 140
Chyle	83, 112	— (Globules du)	140
Chyme intestinal	404	Comma	745
— stomacal	401	Commuteur de Ruhmkorff	xv
Cinchonine	1082	Compas de Weber	877
Circulation artérielle	665	Compression cérébrale	991
— capillaire	676	Concurrence vitale	1690
— cardiaque	661	Condiments	377
— cérébrale	1015	Conductibilité de la substance grise	303
— dans les vaisseaux	664	— nerveuse	236
— de la matière	18, 23	Cônes	805, 827
— des glandes salivaires	473	Conscience	304, 313, 1016
— fœtale	1047	— musculaire	891
— hépatique	466	Conservation de la force (Loi de la)	16
— lymphatique	701	Consonance	754
— oculaire	860	Consonnes	599, 606, 610
— pulmonaire	700	— continues	607, 610
— rénale	455	— explosives	607, 610
— sanguine	635	— gutturales	606
— veineuse	678	— labiales	606
Classification des couleurs	823	— linguales	606
Climat, son influence sur l'articulation des sons	613	— (Mode de formation des)	606
Coagulation de la lymphe	110	— muettes	607
— du lait	139	— nasales	607, 611
— du sang	97	— vibrantes	607, 610
Codéine	1078	Constantes optiques de Gauss	763
Coefficient d'absorption	822	Constitution, son influence sur le lait	140
— de ventilation	433	Construction de l'image d'un point	762
Cœur (Action de la moelle sur le)	955	— d'un rayon réfracté	762, 764
— (Action du grand sympathique sur le)	953	Contact (Sensations de)	874
— (Action du pneumogastrique sur le)	937	Continuité des perceptions visuelles	853
— artificiel de Marey	646, 657	Contractilité artérielle	674
— (Automatisme du)	661	— pulmonaire	563
— (Bruits du)	659	Contraction idio-musculaire	300
— (Choc du)	657	— musculaire	302
— (Innervation du)	937, 953	— — non métallique	725
— (Innervation ganglionnaire du)	957	— — (Phénomènes anatomiques de la)	373
— (Irritabilité du)	663	— — (— physiques de la)	376
— (Mouvements du)	646, 653	— — physiologique	377
— (Quantité de sang du)	662	— — (Théorie de la)	377
— (Sensibilité du)	663	Contralto	802
— (Situation du)	651	Contraste simultané des couleurs	831
— (Travail mécanique du)	664	— successif des couleurs	831
Cœurs agités de Wheatstone	784	Convergence des lignes visuelles	845
Colt	1038	Corde du tympan	989
Collagène (Substance)	62	Cornée	170
Colloïdes	18	Corps (Des)	16
Colloïdine	62	Corps composés de l'organisme	44
Colorante de la bile (Matière)	62	— inorganiques	44
— de l'urine (Matière)	63	— gras de l'organisme	390
Colorantes (Matières)	50	— simples de l'organisme	43
Colorées (Ombres)	881	— striées (Physiologie des)	1003

TABLE ANALYTIQUE.

1109

	Page.		Page.
Corps thyroïde (Chimie du)	179	Courbe musculaire	284
Corrélation des forces physiques .	3	Courue	556
Couches optiques (Physiologie des) .	1001	— (Vitesse de la)	557
Couenne inflammatoire	97	Crachement	574
Couleur	814	Créatine	63
— du sang	96	— (Origine de la)	639
— inductrice	831	Créatinine	63
— induite	831	— (Origine de la)	539
Couleurs composées	815	Crème	139
— (Contraste des)	831	Crémomètre	134
— fondamentales	824	Cristallin (Chimie du)	172
— (Mélange des)	815	Cristalline	171
— mixtes	815, 816	Croton-chloral	1077
— (Représentation géométrique des)	823	Crusta phlogistique	97
— simples	815	Curare	1078
— spectrales (Mélange des)	817	Curarine	1090
Courant musculaire	726	Cylindre-azo	246
— nerveux	726	— enregistreur	xix
— propre de la grenouille	726	Cytomètre de Woilleu	539
Courants d'inclinaison	726	Cystine	63, 513
		Cytoblastème	219

D

Daltonisme	636	Diastole ventriculaire	656
Darwinisme	1043	Dicrotisme du pouls	673
Datarine	1041	Différence des sexes (Causes de la) .	1057
Décharge nerveuse	302	Différences du sang artériel et du sang veineux	108
Décompositions dans l'organisme .	179	Digestion	556
Dédoublements dans l'organisme vivant	182	— dans la cavité buccale	399
Défecation	631	— dans le gros intestin	404
Défaut d'azote	447	— dans l'intestin grêle	403
Définitions de la vie	23, 24	— de la caséine	535
Déglutition	623	— végétale	345
Dém. érallation	360	— de la chair musculaire	396
Demi-ton	745	— de la fibrine	394
Dents	169	— musculaire	393
Déperdition de chaleur par l'orga- nisme	716	— de la gélatine	345
Désassimilation	27, 833, 519	— de l'albumine coagulée	345
Déshydratation	143	— crue	345
Désir	301	— de la légumine	383
Destruction des nerfs du rein . .	451	— de la syntonine	345
— du pancréas	184	— des albuminoïdes	389
— du plexus cardiaque	975	— des hydrocarbonés	379
— du sucre dans le sang	490	— des os	387
Développement	359	— des substances végétales . . .	347
Dextrine	63	— des tissus connectifs	357
Diamide lactylique	63	— du gluten	365
Diapnomètre	234	— du lait	366
Diastase salivaire	152	— du sang	367
Diastole	649	— gastrique naturelle	391
— auriculaire	654	— intestinale	403
		Digestions artificielles	344

Épilepsie spasmodique	104	Exercice biliaire	48
Erection	1067	— cellulaire	217
Ergotine	1083	— de la sueur	463
Erreur personnelle	1030	— ovulaire	1036
Éructation	629	— salivaire	476
Espèce	1046	— urinaire	632
— humaine	1091	Exhalation	244
— (Origine de l')	1095	— d'azote	417
Espèces (Origine des)	1087	— de vapeur d'eau	448, 451
Éternuement	574	— interstitielle	323
Éther	1075	Expectoration	574
— acétique	1077	Expérience d'Aristote	841
— chlorhydrique	1076	— d'Auerbach	958
Éthers	195	— de Mariotte	830
Éthylène	1076	— de Mille	777
Étre	xxii	— de Pflüger	937
Évolution cellulaire	219	— de Scheiner	776
Évolution des corps	16	— de Volkmann	503
— — vivants	23	— de Wheatstone	814
Excitabilité de la moelle	977	Expiration	565, 699
— de la protubérance	997	— forcée	566
— de la substance grise	301	— ordinaire	566
— du bulbe	991	Expression	1026
— nerveuse	237, 293	Extériorité des sensations	1021
— réflexe	311	— — auditives	743
— rétinienne	800	— — tactiles	880
Excitants accidentels des nerfs	295	— — visuelles	849
— de la rétine	799	Extirpation de la rate	498
— hétérologues	303	— de l'encéphale	990
— homologues	303	— du ganglion cervical inférieur	974
— physiologiques des nerfs	295	— — supérieur	974
Excitation latente du muscle	268	— du pancréas	164
— rétinienne	799, 805	— du plexus coeliaque	975
Excito-moteur (Arc)	309	— — rénal	975
Excrétion	574	— du premier ganglion thoraci-	
Excréments	405	— que	974
Excrétine	64	— du rein	453

F

Facial (Nerf)	922	Ferment du sang	64
Faim	357, 805	— hépatique	483
Fatigue musculaire	275	— inversif	61, 399
— nerveuse	300	— peptique	64
— rétinienne	812	Ferments du suc pancréatique	165
Fèces	405	— figurés	187
Fécondation	359, 1037, 1039	— solubles	61, 185
— anticipée	318	Fève de Calabar	1041
Fendillement	351	Fibre-axe	286
Fer	363	Fibre musculaire lisse	282
Fermentation	185	— — striée	258
— urinaire acide	119	— nerveuse	286
— — ammoniacale	119	Fibrine	64, 90, 109
Ferment diastasique	64	— (Digestion de la)	894

TABLE ANALYTIQUE.

1113

	Pages.		Pages.
Glandulaires (Nerfs)	971	Gomme	365
Globe oculaire (Axe de rotation du)	833	— (Digestion de la)	407
— (Centre de rotation du)	833	Goût.	868
— (Mouvements du)	833, 835, 903	— (Nerfs du)	870, 916, 927, 932
Globules blancs	89	Graisse de l'organisme (Formation de la)	516
— — (Caractères des)	89	Graisses (Action de la bile sur les)	395
— — (Numération des)	89	— (Action du suc intestinal sur les)	399
— de la lymphe.	109	— (Action du suc pancréatique sur les)	393
— du colostrum	140	— de l'alimentation	363
— du lait.	136	— (Digestion des)	407
— nerveux.	285	Grandeur des objets	854
— polaires.	350	— du poids	674
— rouges	84	— (Illusions de la)	854
— — (Caractères des)	84	Grand nerf auriculaire (Section du)	898
— — (Composition des)	86	— — pétreux superficiel.	928
— — (Dosage des)	101	Granulations moléculaires	191
— — (Durée des)	89	Granulose.	361
— — (Influence de divers agents sur les)	87	Graphique de la contraction musculaire lisse.	284
— — (Numération des)	84, 1100	— de la contraction pulmonaire.	565
Globuline	65, 171	— de la course.	557
Glosso-pharyngien (Nerf).	980	— de la marche	555
Glucose	65	— de la parole.	605
Gluten (Digestion du).	385	— de la propagation de l'onde musculaire.	270
Glutine	65	— du rire	575
Glycérine	65	— musculaire	268
Glycine	65	— — du tétanos	271
Glycocolle.	65	— respiratoire.	434, 435, 561
— (Origine de la).	522	— — après la section des pneumogastriques	942, 943, 944
Glycogène du foie	177, 483	Grasseyement	611
— (Formation du).	484	Grenouille (Anatomie de la)	xxx
Glycogènes (Substances).	47, 66	— salée	505
Glycogénie.	483	Grossesse	1041
— histologique.	492	— Son influence sur le sang.	106
— placentaire	492	— — sur l'urine	123
— post mortem	487	Guanine.	67, 531
Glycose.	66, 177, 365	Gustation	868
— dans le sang.	488		
— du foie	487		
— (Formation de la)	487		
— (Réaction de la)	66		

H

Habitude	1018	Hématine	67
— Son influence sur la sensibilité tactile.	883	— (Caractères spectroscopiques de l')	67
Halitus sanguinis.	96	Hématocristalline	67
Harmonie préétablie.	25	Hématofidine.	67
— (Principes physiologiques de l')	752	Hématoine.	68
Harmoniques	582	Hématoline	69
Hauteur du son.	580, 743	Hématoporphyrine.	68
Hématies.	84	Hémantographie.	673, 680

	Page.		
Acide inosique.	54	Age, son influence sur la tempé-	
lactique	54	ture du corps	12
— (Origine de l')	535	— Son influence sur la voix	4
libre du suc gastrique.	159, 1100	— — articulée	10
— margarique.	54	— — le lait	12
oléique	54	— — l'émulsion de l'acide tar-	
oxalique.	54, 121	tronique	43
— — (Origine de l')	535	— — le sang	4
— oxalorique	54	— — les mouvements respiratoires	11
— palmitique	54	sur l'urine	15
paralactique	54	— urée	51
peptique	339	Agglutination des oses artériels	115
— phénique	55	Agonie	10
— phosphoglycérique.	55, 531	Aiguille œsthésiométrique	17
— pneumique	55	Air complémentaire	125
— propionique	55	— expire	125
— sarcosactique	55	— — (Composition de l')	125
— stéarique	55	Température de l')	125
— succinique	55	— — (Volume de l')	125
— sulfocyanhydrique.	55	— inspiré	125
— taurocholique	55	— — (Composition de l')	125
— taurylque	55	— (État hygrométrique de l')	125
— urique	56, 120	— (Pression de l')	125
— — (Dosage de l')	119	— — (Température de l')	125
— — (Origine de l')	525	Albuminate basique	12
Acides	194	Albumine acide	12
— aromatiques (Origine des)	535	coagulée (Digestion de l')	125
— biliaires	51, 150	— crue (Digestion de l')	125
— — (Origine des)	521	— de l'œuf	12
— gras volatils (Origine des)	534	— du serum	12
— inorganiques	45	Albuminoles	12
— organiques	45, 48	— Action de la bile sur les	125
— végétaux dans l'alimentation.	367	— (Action du suc gastrique sur les)	125
Aconitine	1093	— (Action du suc intestinal sur les)	125
Actes instinctifs	316	— Action du suc pancréatique sur	
— tutimes de la nutrition	322	l')	125
— psychiques	317	— Caractères des	125
Action des muscles de l'œil	838	— Classification des	125
— psychique de la moelle	847	— de l'alimentation	125
— réflexe	809	— le rôle gan une	125
— — de la moelle	842	(Digestion des)	125
Actions nerveuses d'arrêt	320	— Reactions des	125
Activité cérébrale, son influence		Albuminose	125
sur l'urine	123	— de cuisson	125
Acuité de la vue	773	Alcatis	125
Adaptation (voir : Accommodation).		Alcaloïdes	125
Adolescence	1053	— dans l'alimentation	125
Aéromètre	438	Alcapnone	125
Æsthésimètre	877	Alcool	125
— le Liégeois	888	— dans l'alimentation	125
Æsthésiométrique (Aiguille)	875	— méthylique	125
Affinité élective des cellules	216	— amylique	125
Age de bronze	1097	Alcools	125
— de fer	1097	Aldehyde	125
— de la pierre brute	1096	Aldéhydes	125
— de la pierre polie	1097	Alimentaires (Substances)	125

TABLE ANALYTIQUE.

1105

	Page.		Page.
Alimentation exagérée.	518	Angiographie de Landois.	668
— insuffisante	505	Angle ascensionnel.	835
— mixte.	503	— auditif	738
— Son influence sur le lait. . . .	140	— de déplacement latéral. . . .	835
— sur l'élimination d'acide car-		— vertical.	835
bonique.	445	— de rotation de l'œil	836
— sur le sang.	105	— de torsion de l'œil.	836
— sur l'urine	123	— visuel	772
Aliments.	356	Anhydrisation.	359
— accessoires	368	Animaux à sang chaud.	707
— albuminoïdes	366	— froid.	707
— d'épargne.	337	— à température constante. . .	707
— gras.	366	— variable	707
— hydrocarbonés.	364	— (Caractères des).	26
— minéraux.	360	Anthropomorphes.	34
— (Préhension des).	622	Antiarine.	1082
— (Réaction des).	378	Aphakie.	793
— simples	357	Apnée.	576
— (Température des).	374	Apomorphine.	1076
Allantoïne.	60	Appareil à flammes manométri-	
Alphabet phonétique.	614	ques	601
Altérations phonétiques. . . .	611	— d'Andral et Gavarret	419
Ame.	8	— de Du Bois Reymond	xxiv
Amétrope (Œil).	778	— de Ludwig et Dogiel.	603
Amétropie.	777	— de J. Müller	740
Amibes.	208	— de Müller.	419
Amides.	197	— de Pettenkofer	419
Amidon.	364	— de Regnault et Reiset	416
— (Action de la bile sur l'). . . .	895	— lacrymal	862
— (Action de la salive sur l'). . .	379	Appareils.	xii
— (Action du suc pancréatique		Apposition.	19
sur l').	302	Arrachement du moteur oculaire	
— animal	865	commun.	903
— (Digestion de l').	407	— du spinal.	948
Ammoniaque.	60	Arrêt (Actions nerveuses d'). . .	320
— (Origine de l').	533	Articulés (Sons).	597
Amphotère (Réaction).	136	Art musical.	741
Amplitude d'une vibration. . .	580	Asphyxie.	576
Amylalcool.	1076	Assimilation.	26, 332, 514
Amylène.	1076	Astigmatisme (Lentille).	783
Amyloïde (Matière).	60	Astigmatisme irrégulier.	740
Analyse de la bile.	131	— régulier.	780, 781
— de la lymphe	111	Astigmomètre.	783
— de l'urine	118	Atomes.	1
— du lait	137	Atomique (Hypothèse).	1, 2
— du sang.	100	Atropine.	1080
— spectrale physiologique	832	Auditif (Nerf).	929
— théorique des sensations tactiles	883	Audition.	732
Anapnographie.	428	Auditives (Sensations).	742
Anches composées.	585	Aura seminale.	350
— membraneuses	585	Auriculaire (Rameau).	947
— rigides	585	Automatiques (Mouvements). . .	315
Anatomie de la grenouille. . . .	xxx	Automatisme du cœur.	661
Anélectrotonus.	1069	— spontané des cellules nerveuses.	302
Anesthésie localisée.	882	Axe auditif.	736
Anesthésiques.	1073, 1076	— de rotation de l'œil	833

	Pages.		Page.
Légumes herbacés	376	Locomotion	531
Légumine (Digestion de la). . . .	385	Loi d'alternative de Volta	1071
Légumineuses.	375	— de Fechner	1019
Lenteur du pouls	673	— de Listing.	836
Lettres.	614	— de Pfüger.	312
Leucine.	71	— de Waller.	252
— (Origine de la).	530	— des réflexes.	312
Leucocytes.	89	— psycho-physique.	1019
Levier-clef de Du Bois Reymond. xxiv		Lois de Grimm.	613
Leviers	542	— de Pfüger.	1070
Ligature de l'artère rénale. . . .	454	— des courants musculaires et ner-	
— de la veine rénale.	454	veux.	727
— des conduits pancréatiques . . .	164	— du mouvement	16
— des uretères.	454	Longueur focale.	764
— d'une anse intestinale.	166	Lueur oculaire.	747
Ligne auditive.	736	Lumière.	738
— d'accommodation.	791	— inductrice.	834
— de base.	834	— (Intensité de la).	810
— de direction de la vision. . . .	771	— modificatrice	825
— de pression	638	— primaire.	824
— de visée.	772	— propre de la rétine	810
— visuelle.	834	— réagissante	825
Lignes visuelles (Convergence		Lutéine.	71
des).	845	Lutte pour l'existence	1043
Liqueur des Hollandais	1076	Lymphatique (Circulation). . . .	701
Liqueurs.	377	Lymph.	82, 105
Liquide allantoïdien	115	— (Analyse de la)	111
— amniotique	115	— (Caractères organoleptiques de	
— cérébro-spinal.	115	la).	110
— des glandes buccales.	150	— (Coagulation de la)	110
— des glandes de Cowper.	144	— (Gaz de la)	110
— des vésicules séminales.	144	— (Globules de la).	109
— du canal déférent	144	— (Plasma de la).	109
— prostatique	144	— (Pression de la)	703
Liquides du corps humain. . . .	80	— (Quantité de la).	110
Localisation des perceptions vi-		— (Variations de la)	112
suelles.	851	— (Vitesse de la).	703
— des sensations tactiles.	880		

M

Magnésie	363	Matière sébacée	142
Manège (Mouvements de).	1003	Maxillaire inférieur (Nerf). . . .	914
Manomètre à pulsations.	666	— supérieur (Nerf).	911
— compensateur.	634	Mécanique de la circulation	615
— différentiel.	634	— de la digestion	621
Marche	551	— musculaire	540
— (Vitesse de la).	555	— respiratoire	540
Margarine.	71	Mécanisme accidentel	25
Masse gazeuse des poumons	425, 431	— de l'accommodation.	730
Mastication	622	— du passage des larmes dans les	
Matière	1, 2, 4, 5	voies lacrymales.	803

TABLE ANALYTIQUE.

1170

	Pages.		Pages.
Cardiographe simple	648	Centre génito-spinal	986
Cardiographie	648	— glycogénique	994
Cardiomètre de Cl. Bernard	644	— inspirateur	993
Carnine	81	— moteur des muscles de la face	993
Carnivores (Urine des)	294	— respiratoire	985, 998
Caséine	61, 126	— salivaire	995
— (Digestion de la)	585	Centres de tonicité musculaire	987
— végétale (Digestion de la)	345	— moteurs de la substance corti- cale	1014
Castrata (Voix des)	597	— nerveux (Chimie des)	175
Cathéter pulmonaire	494	— (Physiologie des)	977
Cellulaire (Contenu)	214	— vaso-moteurs	947
— (Évolution)	219	Cercle chromatique	823
— (Excrétion)	217	Cercles de diffusion	775
— (Irritabilité)	217	— de sensation	844
— (Nutrition)	216	Céréales	375
— (Physiologie)	204	Cérébrine	61
— (Sécrétion)	217	Cérébro-spinal (Liquide)	115
— (Territoire)	218	Cérébrote	62
— (Théorie)	224	Cérumen	142
— (Multiplication)	219	Cervelet (Physiologie du)	1004
Cellule	204, 211, 214	Chair musculaire (Digestion de la)	846
— (Membrane de)	212	Chaleur animale	703
— nerveuse motrice	290	— (Déperdition de)	710
— nerveuse sensitive	290	Champ auditif	735
— (Noyau de)	214	— tactile	891
Cellules	211	— visuel	840
— (Durée des)	223	— — monoculaire	840
— (Formation libre des)	219	Chaos lumineux	800
— (Génération endogène des)	220	Chatouillement	871
— (Génération par bourgeonne- ment des)	221	Chaussure exploratrice	551
— (Génération par scission des)	221	Chaux (Sels de)	362
— (Génération protoplasmique des)	219	Cheveux	171
— (Mort des)	223	Chimie	16
— (Mouvement des)	218	— physiologique	xii, 43
— nerveuses	300	Chloral	1075
— (Transformation chimique des)	223	Chloramyle	1077
Cellulose	365	Chloroforme	1073
Centre accélérateur du cœur	955	Chlorophylle	26
— ano-spinal	946	Chlorure de méthyle	1076
— cilio-spinal	983	— — monochloré	1076
— convulsif	998	— — tétrachloré	1076
— d'arrêt du cœur	956	— de sodium, comme aliment	360
— de gravité du corps	547	— d'éthyle	1076
— de la phonation	994	— d'éthylène	1076
— de rotation de l'œil	833	Chlorures	363
— des mouvements de dégluti- tion	994	Choe du cœur	657
— — de la mâchoire inférieure	995	Cholestérine	62, 131
— — de la vessie	967	— (Origine de la)	556
— — des membres	986	Cholétéline	62
— diabétique	994	Choline	62
— du dilateur de la pupille	994	Chondrigène (Substance)	62
— du langage articulé	1013	Chondrine	62
— expirateur	993	Chondroglycose	62
		Chromatique (Cercle)	823
		— (Touple)	819

TABLE ANALYTIQUE.

1119

O

	Pages.
Octave.	744
Odeur du sang.	96
Odeurs.	864
Odorants (Corps).	864
Odorat.	864
— (Usages de l').	864
Odoroscopie.	865
Œil (Action des muscles de l').	838
— (Axe de rotation de l').	833
— (Centre de rotation de l').	833
— idéal.	766
— (Mouvements de l').	833, 835, 903
— (Rayons de courbure de l').	767
— réduit.	763
— schématique.	766
Œuf holoblaste.	344
— méroblaste.	344
Oïkoïde.	86
Oléine.	72
Olfactif (Nerf).	902
Olfactifs (Excitation des nerfs).	866
Olfaction.	864
Olfactives (Sensations).	867
Onde de contraction.	269
Ophthalmique de Willis (Nerf).	906
— (Ganglion).	911
Ophthalmomètre.	763
Ophthalmoscopie.	743
Ophthalmotonomètres.	861
Opium.	1077
Optique (Nerf).	902
Optomètre binoculaire.	743

	Pages.
Optomètre de Perrin et Mascart.	792
— de Stampfer.	791
Optométrie.	791
Ordonnées (Ligne des).	xiii
Oreillettes (Mouvements des).	653
Organes (Chimie des).	175
— lymphoïdes.	495
— nerveux périphériques.	287, 290, 307
Organiques (Acides).	46
— (Bases).	48
— (Composés).	46
— (Sels).	49
Organisation.	19
Organisée (Substance).	24
Organisés (Corps).	19
Organisme (Physiologie de l').	1014
Origine de l'espèce humaine.	1095
— des espèces.	1087
— du langage.	618
Os.	169
— (Digestion des).	347
Oscillation.	574
Osmographe.	234
Osmopneumètre.	234, 235
Osséine.	72
Ovulation.	1033
Ovule.	247
Oxydation dans l'organisme vivant.	179
Oxyde de carbone.	1044
Oxygène.	76, 77, 95, 1045
Oxyhémoglobine.	64

P

Palmitine.	72
Palpation.	843
Pancréas (Chimie du).	174
— (Destruction du).	164
— (Extirpation du).	164
Pancréatine.	165
Pancréatique (Suc).	161
Papavérine.	1075
Papille du nerf optique.	800
Paradoxe de contraction.	297
Paraglobuline.	72
Paraalbumine.	72

Parapeptone.	72, 243
Parélectronomique du muscle	
(Partie).	723
Parole.	607
— (Caractères physiques de la).	614
Parthénogénèse.	260
— histologique.	262
Partie parélectronomique du	
muscle.	723
Parties périphériques de la rétine.	205
Pas.	563
— (Durée du).	565

TABLE ANALYTIQUE.

1121

	Pages.
Pression lymphatique	703
— sanguine	680
— (Sensations de)	871, 873, 875
Primates	33
Principal (Foyer)	762
— (Plan)	762
— (Point)	762
Principes constituants du corps	
humain	43
— d'acoustique	578
— physiologiques de l'harmonie	752
Production de chaleur	703, 712
— d'électricité	721
— des sons articulés	598, 615
— du son	584, 585
Produits de désassimilation azotés	520
— — non azotés	534
Prolégomènes	1
Propagation des vibrations so-	
nores	582

	Pages.
Prostatique (Liquide)	144
Protagon	73
Protéine	73
Protistes	26
Protoplasma	205
Protoxyde d'azote	1077
Protozoaires	26
Protubérance (Physiologie de	
la)	997
Pseudoscope	858
Psychique (Action) de la moelle	987
Psychiques (Actes)	317
Psychologie physiologique	1016
Ptyaline	152
Puberté	1035
Punctum cæcum	800
— proximum	790
— remotum	779, 790
Pupille	775, 796, 904
Pyine	73

Q

Quadrumanes	34
Quantité de chaleur dégagée par	
l'organisme	711
— de lymphe	110
— de salive	151

Quantité de sang du cœur	662
— — du corps	100
— — (Procédés d'évaluation de la)	100
Quinine	1082

R

Race; son influence sur l'articula-	
tion des sons	612
Races humaines	1091
— (Tableau des races)	1093
Rachidiennes (Racines)	899
Rachidiens (Nerfs)	899, 901
Racines rachidiennes	899
— — antérieures	900
— — (Mise à nu des)	898
— — postérieures	899
Rare (Pouls)	672
Rate (Chimie de la)	177, 178
— (Contractilité de la)	497
— (Extirpation de la)	498
— (Physiologie de la)	496
Ration d'entretien	358
Réactif de Barreswill	66
— de Bogomoloff	51
— de Gmelin	61

Réactif de Landolt	73
— de Lücke	54
— de Millon	59
— de Moore	66
— de Nessler	60
— de Pettenkofer	51
— de Piria	74
— de Piotrowsky	59
— de Salkowsky	73
— de Schérer	70, 71
— de Strassburg	52
— d'Hoffmann	74
Réaction des aliments	378
— xantho-protéique	59
Réactions chimiques dans l'orga-	
nisme vivant	179
Récurrente (Sensibilité)	900
Réductions dans l'organisme vivant	184
Réflexe (Action)	309

TABLE ANALYTIQUE.

1123

	Page.		Page.
de physiologie des) . . .	106	Sels inorganiques (Digestion des) .	407
vision du)	103	— organiques	40
x.	104, 105	Sens musculaire	891, 1007
.	574	Sensations	303, 808, 732, 1019
.	1043	— auditives	742
.	73, 531	— — consécutives	748
.	73	— — simultanées	752
de d'une couleur.	820	— de contact.	874
de couleur)	820	— de couleur	814
de l'appareil auditif . . .	733	— — (Caractères des)	820
ganisme	32	— de froid.	887
der	614	— de pression	871, 872, 875
de du cœur	658	— de température	887
enfance.	1002	— — (Caractères des)	848
musculaire.	208	— de traction	871, 876
.	245	— (Extériorité des)	1021
.	461	— externes	309
neur	461	— (Intensité des)	1019
gastrique.	476	— internes.	309, 491
intestinal.	479	— — fonctionnelles	886
pancréatique.	478	— musculaires.	891
ale	483	— — spéciales.	893
.	489	— (Objectivité des)	1021
.	453	— olfactives	867
anisme de la)	456	— (Physiologie des)	732
re.	472	— tactiles	870, 873
.	471	— — (Analyse des)	882
rique.	471	— — (Caractères des)	880
re.	453	— — composées	877
a.	445, 453	— — consécutives	880
ents	145	— — des muqueuses	876
neuses	148	— — (Excitants des)	870
ères chimiques des) . . .	217	— — (Extériorité des)	880
ères physiques des) . . .	217	— — (Localisation des)	880
ires	217	— — simultanées	877
er des)	247	— — successives	879
ves	145	— thermiques	887
entitielles	251	— visuelles	799
ento-récrémentitielles .	251	— voluptueuses	896
sives	116	Sensibilité de l'oreille . . .	749
sues	135	— musculaire	891
isme des)	243	— récurrente	900
ologiques.	217	— supplée	893
equamation glandulaire .	246	— tactile	873
ration.	215	— thermique.	887
ité des)	244	Série de Denis	73
entitielles	251	de la soie	838
in.	315	Seringue aspiratrice.	146
ice).	253	Séroline	73
.	116	Sérosité du péricarde. . . .	115
illon du vitellus.	351	Sérosités	116
poté.	1083	Sérum lymphatique	109
naturelle.	1039	— musculaire	172
le.	1000	— sanguin	81
tization	350	Sérum-caséine.	73
ganiques	45	Sexe	1055

	Pages.		Pages.
Sexe, son influence sur la voix. . .	596	Stéréoscope de Wheatstone. . . .	856
— — le sang.	105	Stéréoscopie.	856
— — l'urine.	122	Stéréoscopique (Lustre)	856
Sexualité	1055	Stéthographe double de Riegel. .	540
Soif.	896	Stéthomètre de Burdon-Sanderson	540
Solidité des corps	856	— de Quain	542
Sommeil.	1031	Strabisme	844
Son fondamental.	581	Stroboscopiques (Disques) . . .	911
— musculaire	276	Stroma des globules rouges. . .	86
— propre de l'oreille.	734	Strychnine	104
— vocal.	577	Substance organisée	365
Sons additionnels	542	Substances alimentaires	365
— différentiels.	542	— — animales	571
— musicaux.	743	— — (Digestion des)	346
— par influence	583	— — végétales.	574
— partiels.	541	Succion	623
— résultants.	582	Suc de l'intestin grêle	167
Soprano.	592	— du gros intestin.	168
Soupir.	574	— entérique.	168
Sourcils	862	— gastrique	158
Spécialisation des organismes . .	31	— — acide	159
Spectre typique	821	— — artificiel	159
Spectres d'absorption de l'hématine	69	— — (Composition du).	159
— — de l'hémoglobine.	69	— — (Mode d'action du).	347
Spermatine	73	— — peptique.	159
Spermatique (Sécrétion)	144	— — (Quantité de).	159
Spermatozoïdes.	143, 318, 1032	— — (Rôle de l'acide du).	358
Sperme	143	— — (Rôle physiologique du) . .	358
— éjaculé	143	— — Son action sur les albumi-	
— pur.	143	noïdes.	358
Sphygmographe à gaz de Landois.	670	— intestinal.	159
— à miroir de Czermack.	669	— — Son action sur les albumi-	
— de Béhier.	669	noïdes.	358
— de Longuet.	668	— — — aliments	358
— de Marey.	667	— — — graisses.	358
— de Meurisse.	669	— — — hydrocarbonés.	358
— de Vierordt	666	— intra-cellulaire.	254
— électrique.	670	— pancréatique	254
Sphygmographie.	666	— — artificiel.	159
Sphygmomètre d'Hérissou	666	— — (Composition chimique du). .	358
Sphygmoscope.	687	— — des fistules permanentes . .	358
Spinal.	948	— — des fistules temporaires. . .	358
Spiromètre de Boudin	428	— — (Ferments du)	358
— de Schnepf.	428	— — (Quantité de)	358
— d'Hutchinson	427	— — (Sécrétion du)	358
Spontanéité des cellules psychi-		— — Son action sur l'amidon . . .	358
ques.	310	— — Son action sur les albumi-	
— vitale.	218	noïdes.	358
Station	546	— — Son action sur les graisses. .	358
— hanchée.	550	Sucre	674
— insymétrique	550	— dans le sang	674
— symétrique	550	— de canne	674
Statique de la nutrition.	500	— — (Digestion du)	674
Stéarine.	74	— de gélatine	674
Stearcorine.	74	— de lait	137, 245, 674
Stéréoscope de Brewster	857	— du foie	674

TABLE ANALYTIQUE.

1125

	Pages.		Pages.
Sueur	126	Synovie	145
Sulfates de l'alimentation	563	Synthèses dans l'organisme vivant	181
de l'organisme (Origine des)	537	Syntoxine	74
Sulfocyanure de potassium	74	Digestion de la)	345
Sulfure de carbone	1075	Système dioptrique centré	763
Surface respiratoire	440	de l'œil	766
Sympathique (Nerf grand)	974	Systole auriculaire	653
Synœcomètre	234	— ventriculaire	655

T

Tableau des races humaines	1093	Théorie d'Hermann	732
Tache jaune	804	— empiristique	844
Tactiles (Sensations)	870, 873	— mécanique de la vie	25
Tambour du polygraphe de Marey	xvi	— nativiste	844
— pour recueillir les mouvements		— vitaliste	25
du thorax	559	Théories de la génération	353
Tapeum	789	— de la respiration	450
Tapis	789	— des courants nerveux et mus-	
Taurine	74	culaire	730
— (Origine de la)	532, 533	— des images consécutives colorées	829
Téléstéréoscope	859	Thermo-électriques (Aiguilles)	704
Tempérament égal	747	— (Appareils)	703
Température des aliments	878	Thermomètres	xiii, 703
— du cerveau	1015	Thermométrie	703
— du corps humain	707	Thoracomètre de Sibeon	562
— extérieure (Influence de la)	1063	de Wintrich	562
Témor	592	Thymus (Chimie du)	179
Tension de la membrane du tym-		(Physiologie du)	496
pan	737	Timbre clair	595
— dynamique	684	— de la voix	595
— musculaire	257	— des voyelles	602
— sanguine (voir: Pression).		— du son	747
Tenne du son	595	— sombre	595
Territoire cellulaire	218	Tissu connectif	170, 225
Tétano-moteur	296	— musculaire lisse	174, 249
Tétanos de Ritter	1071	— — strié	172, 252
Thaumatrope	811	— nerveux	174, 285
Thébaine	1073	Tissus (Chimie des)	169
Théorie animiste de la vie	25	— connectifs	225
— de Howmann	458	— — (Digestion des)	387
— de Du Bois Reymond	731	— cornés	171
— de Küss	459	— (Physiologie des)	324
— de la contraction musculaire	277	Ton	744
— de la projection	846, 848	— d'une couleur	820
— de la vision binoculaire	846	— majeur	745
— de l'épargne	486	— mineur	745
— de l'épuisement	240	Tonicité musculaire	257
— de l'interjection	620	Tonique	745
— de l'onomatopée	620	Toucher	870
— de Ludwig	458	Touple chromatique	819
— des nerfs d'arrêt	240	Tourbillon vital de Cuvier	18
— des points identiques	846	Toux	574

	Pages.		Pages.
Toxicologie physiologique	1073	Transsudations glandulaires	245
Traction (Sensations de)	871, 876	Travail mécanique de l'homme . . .	545
Transcription figurée des sons articulés	614	— — du cœur	664
Transformation chimique des cellules	223	— — d'un muscle	274
Transformisme	1088	— — (Production de)	538, 712
Transfusion du sang	108	— musculaire	274
Transmission dans le bulbe	992	Trichlorhydrine	1077
— dans la moelle	979	Trijumeau (Nerf)	944
— dans la protubérance	997	Triméthylamine	74
— de la secousse musculaire	269	Trioléine (voir : Oléine).	
— des vibrations sonores . . 734, 736, 741		Tripalmitine (voir : Palmitine).	
— nerveuse	296	Tristéarine (voir : Stéarine).	
— — (Vitesse de la)	299	Trophiques (Nerfs)	273
Transpirabilité	611	Tube de Hales	621
Transpiration de Graham	640	Tubercules quadrijumeaux (Physiologie des)	1040
Transplantation organique	310	Tubes nerveux	246
Transsudation interstitielle	329	Types respiratoires	572
Transsudations	115	Tyrosine	74
		— (Origine de la)	300

U

Unicisme	14	Urine (Influence des divers états de l'organisme sur l')	12
Urée	75, 120	— (Matières colorantes de l')	117
— (Dosage de l')	118	— (Principes azotés de l')	116
— (Origine de l')	523	— (Principes non azotés de l')	116
Uréides	199	— (Rôle physiologique de l')	125
Urémie	454	— (Substances inorganiques de l') . .	117
Urinaire (Fermentation)	119	— (Variation de composition de l') . .	117
Urine	116	Urobiline	73
— (Altérations spontanées de l') . .	119	— (Origine de l')	222
— (Analyse de l')	118	Urochrome	73
— (Caractères chimiques de l') . .	116	Uroérythrine	222
— (Composition de l')	119	Uroglaucone	73
— des carnivores	124	Urrhodine	73
— des herbivores	124		
— (Gaz de l')	117		

V

Vacuoles	211	Vératrine	102
Variabilité des espèces	1089	Vernix caseosa	140
Variation négative des nerfs	294, 729	Vésicule embryogène	4
Vaso-constricteurs (Nerfs)	960	Vésicules séminales (Liquide des) . .	14
Vaso-dilatateurs (Nerfs)	967	Vlande bouillie	72
Vaso-moteurs (Nerfs)	960	— (Extrait de)	72
Végétaux (Caractères des)	26	— fumée	72
Ventilation pulmonaire	421, 562	— rôtie	72
Ventricules (Mouvements des) . . .	655	— salée	72
Ventriloquie	611	Vibration	72

TABLE ANALYTIQUE.

1127

	Page.		Page.
Vibration pendulaire	579, 580	Vitesse du sang	691
— sinusoïdale	580	— moyenne d'un liquide	688
— sonore	578	Vivisections	IX
Vibrations composées	580	Voix	577
— simples	680	— (Agilité de la)	596
— sonores (Propagation des)	582	— articulée	597
Vie (Caractères essentiels de la)	23	— blanche	595
— (Définition de la)	23, 24	— (Caractères de la)	590
— (Théorie animiste de la)	25	— de fausses	593
— (Théorie mécanique de la)	25	— de poitrine	593
Vieillesse	1054	— des castrats	597
Vision	757	— de tête	593, 594
— binoculaire	841, 805	— (Étendue de la)	591
— — des couleurs	846	— (Hauteur de la)	591
— droite	849	— (Intensité de la)	590
— simple avec les deux yeux	841	— mixte	593
Vitalité dormante	21	— (Production de la)	587
Vitelline	75	— rombrée	595
— (Membrane)	347	— (Souplesse de la)	596
Vitellus	347	— (Timbre de la)	595
Vitesse de la circulation	697	Volonté	1028
— de la lymphe	703	Vomissement	628
— de la transmission nerveuse	259, 1100	Voyelles	599, 602, 609
— des processus psychiques	1029	— (Production artificielle des)	602
— du pouls	673	— (Timbre des)	602

X

Xanthine	75, 531
--------------------	---------

Z

Zéayement	611	Zooïde	86
Zoamyline	76	Zoonites	353
Zone épileptogène	988	Zymases	125

TABLE DES FIGURES

		Page
Fig. I.	Courbes de la contraction musculaire prises avec deux vitesses différentes.	XV
— II.	Tambour du polygraphe de Marey.	XVI
— III.	Cylindre enregistreur.	XVIII
— IV.	Courbes de la contraction musculaire disposées en imbrication latérale	XX
— V.	Étuve avec son régulateur à mercure	XXI
— VI.	Régulateur par dilatation de l'air.	XXII
— VII.	Régulateur de Schloësing	XXIII
— VIII.	Pincés de Pulvermacher.	XXIII
— IX.	Appareil à chariot de Du Bois Reymond	XXIV
— X.	Levier-clef de Du Bois Reymond	XXV
— XI.	Commutateur de Ruhmkorff	XXV
— XII.	Squelette de grenouille; face dorsale.	XXXI
— XIII.	Squelette de grenouille; face antérieure	XXXIII
— XIV.	Appareil musculaire de la grenouille; face dorsale	XXXV
— XV.	Appareil musculaire de la grenouille; face antérieure	XXXVII
— XVI.	Système vasculaire de la grenouille. (Cl. Bernard.).	XXXIX
— XVII.	Système nerveux de la grenouille grossi (en partie d'après Ecker)	XLI
Fig. 1.	Schéma de l'organisme.	32
— 2.	Squelette de l'homme et des singes anthropomorphes, d'après Huxley	35
— 3.	Crânes comparés d'Australien, de chrysothrix et de gorille, d'après Huxley.	37
— 4.	Acide hippurique	53
— 5.	Oxalate de chaux	55
— 6.	Acide urique précipité par l'acide acétique.	56
— 7.	Cristaux d'hémine.	67
— 8.	Spectres d'absorption de l'hémoglobine et de l'hématine	69
— 9.	Cristaux de leucine et de tyrosine.	71
— 10.	Urée.	71
— 11.	Schéma de l'organisme.	81
— 12.	Schéma de l'appareil vasculaire.	82
— 13.	Globules du sang	85
— 14.	Globules du sang de grenouille.	85
— 15.	Globules du sang de l'embryon humain	86

TABLE DES FIGURES.

1129

	Pages.
Fig. 16. Pompe à mercure pour l'extraction des gaz du sang . . .	93
— 17. Seringue pour extraire le sang	95
— 18. Appareil pour recueillir le chyle sur le bœuf.	113
— 19. Phosphate ammoniaco-magnésien.	120
— 20. Seringue aspiratrice	146
— 21. Appareil pour recueillir la salive	147
— 22. Nerfs de la glande sous-maxillaire du chien	148
— 23. Fistule stomacale chez l'homme	155
— 24. Canule à fistule gastrique	156
— 25. Fistule gastrique	157
— 26. Fistule gastrique incisée	157
— 27. Conduit pancréatique du chien	161
— 28. Chien de berger porteur d'une fistule pancréatique (femelle adulte).	162
— 29. Taureau porteur d'une fistule pancréatique	163
— 30. Anse d'intestin disposée pour recueillir le suc entérique . .	167
— 31. Cellules	204
— 32. Globules	205
— 33. Plasmodie de myxomycètes.	207
— 34. Amibe	208
— 35. Cellules de cartilage.	212
— 36. Cellules pigmentaires d'Axolotl	215
— 37. Génération endogène.	220
— 38. Génération par bourgeonnement.	222
— 39. Tissu élastique embryonnaire. (Ch. Robin.).	227
— 40. Endosmomètre	233
— 41. Épithéliums.	236
— 42. Épithéliums pavimenteux.	237
— 43. Cellules vibratiles	238
— 44. Cellules glandulaires.	238
— 45. Formation des glandes.	239
— 46. Fibre musculaire striée	253
— 47. Schéma de la fibre striée.	254
— 48. Myographe d'Helmholtz	263
— 49. Myographe de Marey.	264
— 50. Myographe de Cyon	265
— 51. Appareil pour mesurer la vitesse de l'onde musculaire. . .	267
— 52. Analyse de la courbe du raccourcissement musculaire. . .	268
— 53. Graphique de la propagation de l'onde musculaire	270
— 54. Graphique musculaire du téтанos	271
— 55. Fibre musculaire lisse	282
— 56. Graphiques de la contraction musculaire lisse.	284
— 57. Graphiques de la contraction musculaire lisse.	284
— 58. Globule nerveux.	286
— 59. Perfectionnements successifs de l'action nerveuse	288
— 60. Loi de Waller.	293
— 61. Paradoxe de contraction	297
— 62. Transmission nerveuse.	297
— 63. Réunion d'un nerf sensitif et d'un nerf moteur	298

	Page
Fig. 61. Transmission nerveuse consciente	305
— 65. Arc nerveux simple	309
— 66. Arc réflexe double.	310
— 67. Loi des réflexes.	312
— 68. Superposition des centres réflexes.	314
— 69. Sécrétion réflexe.	316
— 70. Épithélium simple et stratifié	324
— 71. Ovule	327
— 72. Spermatozoïdes	328
— 73. Voies de l'absorption digestive	413
— 74. Appareil de Regnault et Reiset	417
— 75. Appareil de W. Müller.	419
— 76. Schéma du cône pulmonaire	421
— 77. Spiromètre d'Hutchinson.	427
— 78. Spiromètre d'Hutchinson	427
— 79. Spiromètre de Schnepf.	428
— 80. Anapnographe de Bergeon et Kastus.	429
— 81. Graphique respiratoire (femme)	431
— 82. Enregistrement direct des mouvements de l'air respiré (Bert.)	435
— 83. Graphique respiratoire (lapin).	435
— 84. Nerfs de la glande sous-maxillaire.	475
— 85. Positions d'un os mobile par rapport à un os fixe.	541
— 86. Forces qui entrent en jeu dans la marche.	552
— 87. Positions successives des deux jambes pendant la durée de la marche	553
— 88. Graphique de la marche. (Marey.)	555
— 89. Graphique de la course (course peu rapide; Marey)	557
— 90. Tambour pour recueillir les mouvements du thorax.	559
— 91. Tambour monté sur un compas.	559
— 92. Pneumographe modifié de Bert	561
— 93. Graphique de la respiration (homme) obtenu par le pneu- mographe. (Marey.)	561
— 94. Rapport des poumons et de la cavité thoracique. (Funke.)	563
— 95. Graphique de la contraction pulmonaire chez le chien. (Bert.)	565
— 96. Graphique de la contraction pulmonaire chez le lézard. (Bert.)	565
— 97. Glotte dans l'inspiration modérée. (Mandl.)	567
— 98. Glotte dans une inspiration profonde. (Mandl.)	567
— 99. Appareil pour enregistrer les changements de la pression intra-abdominale. (Bert.)	568
— 100. Graphique respiratoire (lapin).	569
— 101. Graphique respiratoire (femme)	569
— 102. Graphique respiratoire (homme) d'après Marey	570
— 103. Diagramme des divers modes de respiration. (Hutchinson.)	573
— 104. Graphique du rire.	575
— 105. Vibration pendulaire.	579
— 106. Interférence de deux ondes sonores	581
— 107. Correspondance de deux ondes sonores.	581
— 108. Résonnateur d'Helmholtz.	583

TABLE DES FIGURES.

1131

	Pages.
Fig. 109. Action des muscles du larynx. (Beaunis et Bouchard.). . .	588
— 110. Disposition préalable pour l'émission d'un son. (Mandl.) . .	589
— 111. Occlusion de la partie ligamentuse de la glotte. (Mandl.). .	589
— 112. Rétrécissement de la glotte. (Mandl.)	590
— 113. Voix de poitrine; sons graves. (Mandl.)	593
— 114. Voix de poitrine; médium. (Mandl.)	593
— 115. Voix de poitrine; sons aigus. (Mandl.)	594
— 116. Voix de tête; sons graves. (Mandl.)	594
— 117. Méthode des flammes manométriques de Koenig.	600
— 118. Appareil à flammes manométriques de Koenig	601
— 119. Timbre des voyelles A, O, OU, rendu visible par les flammes manométriques. (Koenig.).	602
— 120. OU.	604
— 121. I.	604
— 122. A	604
— 123. Graphique de la parole à haute voix.	605
— 124. P.	608
— 125. T	608
— 126. K	608
— 127. F	608
— 128. R	608
— 129. N	608
— 130. Mouvements de l'estomac.	628
— 131. Schéma de la miction. (Küss.).	634
— 132. Schéma de l'appareil vasculaire.	635
— 133. Écoulement dans un tuyau rectiligne et de section uniforme. (Wundt.).	637
— 134. Écoulement dans un tuyau rectiligne de diamètre variable. (Wundt.).	639
— 135. Écoulement d'un liquide dans un système de tubes ramifiés. (Wundt.).	640
— 136. Appareil de Poiseuille	641
— 137. Trajectoire décrite par une molécule liquide. (Wundt.). . .	642
— 138. Trajectoire des molécules liquides dans le cas de coexistence du mouvement de translation et du mouvement d'ondula- tion. (Wundt.)	642
— 139. Schéma circulatoire de Weber.	644
— 140. Graphique des mouvements du cœur chez l'homme. (Marey.)	647
— 141. Cardiographe de Marey.	647
— 142. Cardiographe de Legros et Onimus.	648
— 143. Graphique du cœur de la grenouille.	649
— 144. Schéma des mouvements du cœur.	650
— 145. Équilibre du cœur dans le thorax. (Hermann.)	652
— 146. Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant la con- traction du ventricule. (Küss.).	654
— 147. Schéma de l'appareil auriculo-ventriculaire pendant le repos du ventricule. (Küss.).	654
— 148. Schéma du choc du cœur. (Marey.)	658
— 149. Schéma d'un cône vasculaire. (Küss.).	665

	Pages.
Fig. 150. Schéma des cônes artériel et veineux avec interposition des capillaires. (Küss.).	665
— 151. Schéma de la grande et de la petite circulation. (Küss.).	665
— 152. Sphygmographe de Vierordt.	667
— 153. Sphygmographe de Béhier	668
— 154. Graphique du pouls	668
— 155. Sphygmographe de Longuet	669
— 156. Analyse du tracé sphygmographique.	672
— 157. Tube de Hales	681
— 158. Hémodynamomètre de Poiseuille	681
— 159. Manomètre compensateur de Marey	682
— 160. Manomètre différentiel de Cl. Bernard	683
— 161. Kymographion de Ludwig	685
— 162. Kymographion de Fick.	686
— 163. Graphique du cardiographe sur le cheval. (Marey.).	687
— 164. Courbe des pressions dans le système vasculaire	688
— 165. Graphique de la pulsation de l'aorte et de la faciale. (Marey.)	689
— 166. Hémodynamomètre de Volkmann.	692
— 167. Appareil de Ludwig et Dogiel pour mesurer la vitesse du sang.	693
— 168. Hémostachomètre de Vierordt.	694
— 169. Hémodynamographe de Chauveau et Lortet	695
— 170. Graphique des variations de la vitesse et de la pression du sang dans la carotide du cheval. (Lortet.).	696
— 171. Graphique de la vitesse et de la pression dans la carotide du cheval. (Lortet.).	696
— 172. Appareil de Du Bois Reymond pour démontrer les courants nerveux et musculaire.	724
— 173. Muscle à surface naturelle placé sur les coussinets.	725
— 174. Muscle à surface artificielle placé sur les coussinets.	725
— 175. Patte galvanoscopique	725
— 176. Direction du courant musculaire	725
— 177. Force et direction des courants.	727
— 178. Schéma de l'intensité des courants dans le cylindre nerveux.	728
— 179. Disposition des molécules dipolaires dans le muscle.	732
— 180. Schéma de l'appareil auditif	733
— 181. Coupe horizontale de la tête au niveau du conduit auditif externe	733
— 182. Mouvement du marteau et de l'enclume	733
— 183. Appareil de J. Müller pour la transmission des vibrations dans la caisse du tympan	740
— 184. Courbes d'intensité calorifique, lumineuse et chimique des différentes régions du spectre solaire	758
— 185. Lois de la réfraction.	761
— 186. Construction d'un rayon réfracté	762
— 187. Construction de l'image d'un objet	763
— 188. Système dioptrique centré	763
— 189. Construction d'un rayon réfracté	765
— 190. Construction de l'image d'un point	765

TABLE DES FIGURES.

1133

Pages

Fig. 191. Œil schématique (coupe transversale)	767
192. Principe de l'ophthalmomètre.	769
— 193. Ophthalmomètre de Helmholtz.	770
— 194. Images de Parkinson.	770
— 195. Angle visuel.	772
— 196. Cercles de diffusion.	775
— 197. Expérience de Scheiner.	776
— 198. Expérience de Scheiner.	777
— 199. Œil emmétrope.	778
— 200. Œil myope.	778
— 201. Œil hypermétrope.	778
202. Aberration de sphéricité.	780
— 203. Astigmatisme régulier.	781
204. Dispersion de la lumière blanche.	781
205. Phénomènes entoptiques extra-rétiniens.	783
— 206. Position des corpuscules opaques dans l'œil.	786
— 207. Optomètre de Perrin et Mascart.	792
— 208. Mécanisme de l'accommodation.	794
209. Expérience de Mariotte.	801
— 210. Expérience de Volkmann.	803
— 211. Irradiation.	812
— 212. Double fente en V, pour obtenir deux spectres partiellement superposés.	817
— 213. Double spectre partiellement superposé.	817
— 214. Prisme de Lambert pour le mélange des couleurs.	818
— 215. Disque rotatif de Newton pour le mélange des couleurs.	818
216. Loupe chromatique de Maxwell.	819
— 217. Disque de la loupe de Maxwell.	819
— 218. Superposition des disques.	819
— 219. Triangle chromatique.	821
— 220. Irritabilité des trois sortes de fibres rétiniennes.	826
— 221. Disque rotatif.	832
— 222. Expérience de Wheatstone.	844
— 223. Localisation des perceptions visuelles.	852
— 224. Illusions de la grandeur.	854
— 225. Stereoscope de Brewster.	857
— 226. Illusions de relief.	858
— 227. Projection de deux pyramides.	859
— 228. Aiguille aesthésiométrique de l'auteur.	875
— 229. Aesthésiomètre.	877
— 230. Expérience d'Aristote.	881
— 231. Schéma de l'innervation tactile.	884
— 232. Schéma de l'innervation tactile.	884
— 233. Schéma de l'innervation tactile.	885
— 234. Sensibilité récurrente (Cl. Bernard.).	900
— 235. Innervation oculaire. (Figure schématique.)	907
— 236. Altérations de l'œil après la section du troncneau (Cl. Ber- nard.)	909
— 237. Nerf maxillaire supérieur. (Figure schématique)	912

	Pages.
Fig. 238. Nerf maxillaire inférieur. (Figure schématique.)	915
— 239. Nerf facial. (Figure schématique.)	925
— 240. Nerf glosso-pharyngien. (Figure schématique.)	931
— 241. Nerf pneumogastrique. (Figure schématique.)	935
— 242. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques (lapin)	942
— 243. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Deuxième stade.)	943
— 244. Graphique respiratoire après la section des pneumogastriques. (Troisième stade.)	944
— 245. Nerf spinal. (Figure schématique.)	949
— 246. Nerf hypoglosse. (Figure schématique.)	952
— 247. Innervation du cœur. (Figure schématique.)	954
— 248. Crâne de lapin; partie postérieure. (Cl. Bernard.)	995
— 249. Ciseau pour la piqûre diabétique.	995
— 250. Coupe d'une tête de lapin. (Cl. Bernard.)	996
— 251. Plancher du 4 ^e ventricule chez le lapin. (Cl. Bernard.)	996
— 252. Pigeon après l'ablation du cervelet. (Dalton)	1006
— 253. Mouvements de manège.	1009
— 254. Mouvement de rotation en rayon de roue	1009
— 255. Pigeon après l'ablation des lobes cérébraux. (Dalton.)	1013
— 256. Situation prooable des centres moteurs chez l'homme.	1014
— 257. Spermatozoïdes	1035
— 258. Circulation fœtale. (Figure schématique.)	1047
— 259. Oreillette droite.	1048
— 260. Oreillette gauche	1048
— 261. Graphique de la dernière respiration.	1063
— 262. Électrodes éloignées. (Fick.)	1067
— 263. Électrodes rapprochées. (Fick.)	1067
— 264. Loi de Pflüger, courant ascendant.	1072
— 265. Loi de Pflüger, courant descendant	1071

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
PRÉFACE.	I
CHAPITRE PRÉLIMINAIRE. — Le laboratoire de physiologie. .	VII
1 ^o Du local.	VII
2 ^o Vivisections.	VIII
3 ^o Micrographie	XII
4 ^o Chimie physiologique	XII
5 ^o Appareils et instruments.	XII
6 ^o Personnel du laboratoire.	XXVII
7 ^o Laboratoire de l'étudiant	XXVII
Appendice. — Anatomie de la grenouille.	XXX

PREMIÈRE PARTIE.

Prolégomènes.

1. De la force et du mouvement	1
2. Caractères généraux des corps vivants.	17
3. Caractères distinctifs des animaux et des végétaux.. . . .	26
4. Place de l'homme dans la nature	33

DEUXIÈME PARTIE.

Chimie physiologique.

CHAPITRE I ^{er} . — Principes constituants du corps humain. . . .	43
1. Corps simples.	43
2. Corps composés.	44
Appendice. — Caractères et réactions des principales substances organiques constituant le corps humain	51
CHAPITRE II. — Gaz du corps humain.	76
CHAPITRE III. — Liquides du corps humain	80
Article premier. — Sang, lymphe et chyle.	81
1. Sang	83
2. Lymphe	108
3. Chyle.	112
Article deuxième. — Sérosités et transsudations.	115
Article troisième. — Sécrétions salines et extractives	116
1. Urine	116
2. Sueur	125
3. Larmes	128
4. Bile	128

	Pages.
<i>Article quatrième. — Sécrétions graisseuses.</i>	135
1. Lait	135
2. Matière sébacée et cérumen.	142
<i>Article cinquième. — Sécrétions albumineuses</i>	143
1. Sperme.	143
2. Mucus	144
3. Synovie	145
<i>Article sixième. — Sécrétions à ferments ou sécrétions diges-</i> <i>tives</i>	145
1. Salive	145
2. Suc gastrique.	155
3. Suc pancréatique	161
4. Suc intestinal	166
CHAPITRE IV. — Tissus et organes	168
<i>Article premier. — Chimie des tissus</i>	168
1. Tissus connectifs	168
2. Tissus cornés	171
3. Tissu musculaire	172
4. Tissu nerveux.	174
<i>Article deuxième. — Chimie des organes</i>	175
1. Centres nerveux	175
2. Foie	176
3. Organes glandulaires	177
4. Glandes vasculaires sanguines.	178
CHAPITRE V. — Réactions chimiques dans l'organisme vivant.	179
1 ^o Décompositions	179
2 ^o Synthèses.	184
3 ^o Fermentations.	185
CHAPITRE VI. — Nature des principes de l'organisme	191

TROISIÈME PARTIE.

Physiologie de l'individu.

PREMIÈRE SECTION. — Physiologie générale	204
CHAPITRE I^{er}. — Physiologie cellulaire	204
1. Substance organisée ou protoplasma	205
2. Cellule	211
CHAPITRE II. — Physiologie des tissus ou histophysiologie.	224
1. Physiologie des tissus connectifs.	225
2. Physiologie des épithéliums.	226

TABLE DES MATIÈRES.

1137

	Pages.
3. Physiologie du tissu musculaire	252
<i>a.</i> Tissu musculaire strié	252
<i>b.</i> Tissu musculaire lisse	282
4. Physiologie du tissu nerveux	285
<i>a.</i> Physiologie des nerfs	291
<i>b.</i> Physiologie des cellules nerveuses	300
<i>c.</i> Physiologie des organes nerveux périphériques.	307
<i>d.</i> Phénomènes généraux de l'innervation.	308
CHAPITRE III. — Physiologie générale de l'organisme	321
1. Nutrition	321
<i>a.</i> Actes intimes de la nutrition.	322
— 1. Absorption.	323
— 2. Élimination.	328
— 3. Transsudation et exhalation interstitielles.	329
— 4. Résorption interstitielle.	330
<i>b.</i> Phénomènes généraux de la nutrition	332
— 1. Assimilation	332
— 2. Désassimilation.	333
— 3. Accroissement.	334
— 4. Développement.	339
— 5. Régénération.	340
— 6. Réserve organique	341
2. Génération et reproduction	343
<i>a.</i> Génération spontanée	343
<i>b.</i> Génération asexuelle.	345
<i>c.</i> Génération sexuelle	347
<i>d.</i> Générations alternantes	351
<i>e.</i> Théories de la génération	353
DEUXIÈME SECTION. — Physiologie spéciale.	356
CHAPITRE 1^{er}. — Physiologie fonctionnelle.	356
<i>Article premier.</i> — Physiologie de la nutrition.	356
1. Digestion.	356
<i>a.</i> Des aliments	356
<i>b.</i> Action des sécrétions du tube digestif sur les aliments.	378
— 1. Action de la salive sur les aliments	379
— 2. Action du suc gastrique sur les aliments.	382
— 3. Action du suc pancréatique sur les aliments.	392
— 4. Action de la bile sur les aliments	395
— 5. Action du suc intestinal sur les aliments.	398
<i>c.</i> De la digestion dans les divers segments du tube digestif.	399
— 1. Digestion dans la cavité buccale	399
— 2. Digestion stomacale.	400
— 3. Digestion dans l'intestin grêle.	403
— 4. Digestion dans le gros intestin.	404
<i>d.</i> Changements des aliments dans le tube digestif.	406

	Page.
<i>e.</i> Absorption par le tube digestif.	408
— 1. Absorption alimentaire.	408
— 2. Absorption sécrétoire.	411
<i>f.</i> Voies de l'absorption digestive.	412
<i>g.</i> Phénomènes post-digestifs dans l'intestin.	415
2. Respiration.	416
<i>a.</i> Respiration pulmonaire	421
<i>b.</i> Respiration cutanée	451
3. Sécrétions.	453
<i>a.</i> Sécrétion rénale.	453
<i>b.</i> Sécrétion de la sueur	461
<i>c.</i> Sécrétion lacrymale	463
<i>d.</i> Sécrétion biliaire	464
<i>e.</i> Sécrétion du lait.	469
<i>f.</i> Sécrétion sébacée.	471
<i>g.</i> Sécrétion spermatique.	471
<i>h.</i> Sécrétion salivaire.	472
<i>i.</i> Sécrétion du suc gastrique.	477
<i>k.</i> Sécrétion du suc pancréatique.	478
<i>l.</i> Sécrétion du suc intestinal.	479
4. Absorptions locales	479
5. Physiologie du foie	483
<i>a.</i> Glycogénie	483
<i>b.</i> Autres fonctions du foie	493
6. Physiologie des glandes vasculaires sanguines	494
<i>a.</i> Physiologie des organes lymphoïdes	495
<i>b.</i> Physiologie de la rate	496
7. Statique de la nutrition	500
8. Assimilation.	511
9. Désassimilation.	519
<i>Article second.</i> — Physiologie du mouvement	528
1. Production de travail mécanique.	538
<i>a.</i> Station et locomotion.	539
— 1. Mécanique musculaire	540
— 2. Station.	546
— 4. Locomotion. — Marche et course	551
<i>b.</i> Mécanique respiratoire	558
<i>c.</i> Phonation.	577
<i>d.</i> Parole.	597
<i>e.</i> Mécanique de la digestion	621
<i>f.</i> Excrétion urinaire.	632
<i>g.</i> Mécanique de la circulation	635
— 1. Circulation sanguine	635
— 2. Circulation lymphatique	701
2. Production de chaleur.	703
3. Production d'électricité. — Électricité animale.	724
<i>Article troisième.</i> — Physiologie de l'innervation	732
1. Physiologie des sensations.	752

TABLE DES MATIÈRES.

1139

	Pages.
<i>a.</i> Audition.	732
— 1. Transmission des vibrations sonores jusqu'au nerf auditif.	733
— 2. De la sensation auditive	742
<i>b.</i> Vision.	757
— 1. De la lumière.	758
— 2. Trajet des rayons lumineux dans l'œil. Dioptrique oculaire	759
— 3. Des sensations visuelles.	799
— 4. Des sensations de couleur.	814
— 5. Mouvements du globe oculaire	833
— 6. Vision binoculaire	841
— 7. Perceptions visuelles — Notions fournies par la vue.	849
— 8. Propriétés physiologiques générales du globe oculaire	860
— 9. Appareils de protection du globe oculaire.	862
<i>c.</i> Olfaction	864
<i>d.</i> Gustation	868
<i>e.</i> Toucher.	870
— 1. Sensations tactiles	870
— 2. Sensations de température	887
<i>f.</i> Sensations nasennaires.	891
<i>g.</i> Sensations internes	894
2. Physiologie des nerfs	898
<i>a.</i> Nerfs rachidiens.	898
<i>b.</i> Nerfs crâniens.	902
— 1. Nerf olfactif.	902
— 2. Nerf optique	902
— 3. Nerf moteur oculaire commun.	903
— 4. Nerf pathétique	905
— 5. Nerf trijumeau.	906
— 6. Nerf moteur oculaire externe	922
— 7. Nerf facial.	922
— 8. Nerf auditif	929
— 9. Nerf glosso-pharyngien	930
— 10. Nerf pneumogastrique.	933
— 11. Nerf spinal	948
— 12. Nerf grand hypoglosse.	951
<i>c.</i> Nerfs des organes circulatoires.	953
— 1. Innervation du cœur	953
— 2. Nerfs vasculaires.	959
<i>d.</i> Nerfs glandulaires.	971
<i>e.</i> Nerfs trophiques.	973
<i>f.</i> Grand sympathique	974
3. Physiologie des centres nerveux.	977
<i>a.</i> Physiologie de la moelle épinière	977
<i>b.</i> Physiologie de l'encéphale.	990
— 1. Physiologie du bulbe.	991

- 2. Physiologie de la p
- 3. Physiologie des pé
- 4. Physiologie des tul
- 5. Physiologie des coi
- 6. Physiologie des co
- 7. Physiologie du cer
- 8. Physiologie des hé
- 4. Psychologie physiologic
 - a. Bases physiologiques
 - b. Des sensations. . . .
 - c. Des idées
 - d. De l'expression et du
 - e. De la volonté
 - f. Vitesse des processus
 - g. Du sommeil.
- Article quatrième. — Physiolo*
 - 1. Des éléments de la repi
 - a. Spermatozoïdes. . . .
 - b. Ovulation et menstrui
 - 2. Fécondation
 - 3. De la grossesse
 - 4. De l'accouchement . .
- CHAPITRE II. — Physiologie de l'
 - 1. Physiologie de l'organisme
 - 2. Des sexes.
 - 3. De la mort
- CHAPITRE III. — Action des milie
 - 1. Influences météorologiques
 - 2. Action de l'électricité sur l'
 - 3. Toxicologie physiologique.

QUATRIÈME

Physiologie

- PREMIÈRE SECTION. — De l'
 - 1. Caractères de l'espèce. . .
 - 2. De l'origine des espèces. .
- DEUXIÈME SECTION. — De l'
 - 1. Des races humaines. . . .
 - 2. Origine de l'espèce humaine
 - 3. L'homme préhistorique. .
- NOTES ADDITIONNELLES.

FI

— Nancy. — Imp. Berq

LIBRAIRIE J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

RUE HAUTEFEUILLE, 19. PRÈS LE BOULEVARD SAINT-GERMAIN, A PARIS

**LEÇONS SUR LA CHALEUR ANIMALE
SUR LES EFFETS DE LA CHALEUR ET SUR LA FIÈVRE**

Par Claude BERNARD

Membre de l'Institut de France (Académie des sciences), professeur de physiologie
au Collège de France et au Muséum d'histoire naturelle

1876, 1 vol. in-8°, avec figures. — 7 fr.

LEÇONS SUR LES ANESTHÉSQUES ET SUR L'ASPHYXIE

Par Claude BERNARD

1874, 1 vol. in-8° avec figures. — 7 fr.

**INTRODUCTION A L'ÉTUDE DE LA
MÉDECINE EXPÉRIMENTALE**

Par Claude BERNARD

1865, in-8° de 400 pages. — 7 fr.

Cet ouvrage présente le tableau des doctrines et des faits exposés par le professeur dans les cours du Collège de France et de la Sorbonne, depuis la dernière publication de 1859 jusqu'à la fin du deuxième semestre de 1865.

LEÇONS DE PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Par Claude BERNARD

1871, 1 vol. in-8° de 604 pages. — 7 fr.

BERNARD (Claude). *Leçons de physiologie expérimentale appliquées à la médecine, faites au Collège de France*. Paris, 1855-1856, 2 volumes in-4°, avec 100 figures. 24 fr.

— *Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses*. Paris, 1857, 1 vol. in-8°, avec 32 figures. 7 fr.

— *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*. Paris, 1858, avec 28 figures. 14 fr.

— *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*. Paris, 1859, 2 vol. in-8°, avec figures. 11 fr.

BEALE. *De l'Urine, des dépôts ordinaires et des calculs, de leur composition chimique, de leurs caractères physiologiques et pathologiques et des indications thérapeutiques qu'ils fournissent dans le traitement des maladies*, par Lionel S. Beale, médecin à King's College Hospital, à Londres, traduit de l'anglais sur la seconde édition et annoté par les docteurs Auguste Ollivier et Georges Bergeron. 1 vol. in-18 jésus de 540 pages, avec 136 figures. 7 fr.

MÜLLER. *Manuel de physiologie*, par J. Müller, traduit de l'allemand sur la dernière édition, par A. J.-L. Jourdan. deuxième édition revue et annotée par E. Littré. 2 forts vol. gr. in-4° de chacun 840 pages, accompagnés de 320 figures intercalées dans le texte et de 4 planches gravées. 20 fr.

ROBIN (Ch.) *Mémoire sur les objets qui peuvent être conservés en préparations microscopiques, transparentes et opaques*. Paris, 1856, in-8°. 2 fr.

— *Mémoire contenant la description anatomo-pathologique des diverses espèces de cataractes opacités et lentes enracinées*. Paris, 1859, in-4° de 62 p. 2 fr.

— *Mémoire sur les modifications de la muqueuse utérine pendant et après la grossesse*. Paris, 1861, in-4°, avec 5 planches lithographiées. 4 fr. 50

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE.

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS

**LEÇONS SUR LES HUMEURS
DU CORPS HUMAIN**

PROFESSÉES A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Par Ch.

Professeur à la Faculté de médecine de Paris, et

deuxième édition, ce

Paris, 1874. 1 vol. in-8° de 1008 p.

ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE

OU DES CELLULES ANIMALES
DU PROTOPLASMA ET DES ÉLÉMENTS MORPHOLOGIQUES

Par Ch.

Paris, 1873. 1 vol. in-8° de xxxviii-616 p.

TRAITÉ DU MANÈGE DES INJECTIONS

SON MODÈLE

Ses applications à l'étude des infections, à l'anatomie
à l'histoire naturelle animale et

Par Ch.

1871, 1 vol. in-8° de 1028 p., avec

MÉMOIRE SUR L'ÉVOLUTION

des cavités des disques intervertébraux

Par Ch.

In-4° de 212 pages, avec

HISTOIRE NATURELLE DES TUMEURS

QUI CROISSENT SUR L'HOMME

Par Ch.

1 vol. in-8° de 700 p., avec atlas de

PROGRAMME DU COURS DE MÉDECINE

PROFESSÉ A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Par Ch.

Deuxième édition revue et développée. — P.

TRAITÉ DE CHIMIE ANATOMIQUE

NORMALE ET PATHOLOGIQUE

OU DES PRINCIPES IMMÉDIATS ET MORBIDES

ET DES MÉTHODES

Par Ch. ROBIN

3 forts vol. in-8°, avec atlas de

ENVOI FRANCO CONTRE UN BULLETIN

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS, RUE HAUTEFENILLE, 19

TRAITÉ D'HISTOLOGIE PATHOLOGIQUE

Par le docteur RINDFLEISCH

Professeur d'anatomie pathologique à l'Université de Bonn

Traduit de la seconde édition allemande et annoté par le D^r Frédéric GROSSE

Professeur agrégé de la Faculté de médecine de Nancy

1873, 1 grand vol. in-8° de 740 pages, avec 268 figures. — 14 fr

Le *Traité d'histologie pathologique* de Rindfleisch a été écrit dans le laboratoire, à l'aide du microscope, et n'est pas une compilation de cabinet.

« Les recherches microscopiques, dit l'auteur, grâce auxquelles l'histologie normale vient compléter l'anatomie de Vesale, deviennent nécessairement aussi enrichir l'anatomie pathologique, mais on s'aperçoit bientôt que l'histologie pathologique avait à remplir par rapport à l'anatomie pathologique, un rôle tout différent et plus important que l'histologie normale par rapport à l'anatomie normale. L'histologie pathologique démontre que les altérations macroscopiques des organes, les augmentations et les diminutions de volume, les indurations, les ramollissements, les changements de couleur, etc. dépendent de certaines transformations de leurs parties élémentaires et les explique à l'aide de ces dernières. Elle devient ainsi non-seulement une partie intégrante, mais la base proprement dite de l'anatomie pathologique. »

Tel est le point de vue auquel Rindfleisch s'est placé dans son ouvrage. Telle est la raison, dit-il, pour laquelle l'histologie pathologique y occupe le premier rang et l'anatomie pathologique seulement le second.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'HISTOLOGIE HUMAINE NORMALE ET PATHOLOGIQUE

Précédé d'un exposé des moyens d'observer au microscope

Par le docteur C. MOREL

Professeur à la Faculté de médecine de Nancy

1864, 1 vol. in-8°, avec 34 belles planches dessinées d'après nature

Par le docteur J.-A. VILLEMIN

Professeur à l'École de Vaucluse

Prix 12 francs

ÉTUDES SUR LA TUBERCULOSE

PREUVES RATIONNELLES EXPÉRIMENTALES DE SA SPÉCIFICITÉ ET DE SON INOCULABILITÉ

Par le docteur J.-A. VILLEMIN

Professeur à l'École de Vaucluse

1868, 1 volume in-8° de 640 pages — 8 francs

LA PATHOLOGIE CELLULAIRE BASÉE SUR L'ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE ET PATHOLOGIQUE DES TISSUS

Par Rudolf WIRCHOW

Professeur à la Faculté de Berlin, directeur de l'Institut pathologique de cette ville

Traduction française faite sous les yeux de l'auteur par le docteur Paul PICARD

Quatrième édition, revue et corrigée, par le docteur L. STRELSA, chef de clinique de la Faculté de médecine de Paris

Paris, 1874, 1 vol. in-8° de xxiv-581 p., avec 153 fig. — 9 fr.

LEÇONS SUR LA PHYSIOLOGIE COMPARÉE DE LA RESPIRATION

Par Paul BERT

Professeur de physiologie comparée à la Faculté des sciences

Paris, 1870, 1 vol. in-8° de 588 pages, avec 150 figures — 10 fr.

ENVOI FRANCO CONTRE UN MANDAT SUR LA POSTE

J.-B. BAILLIÈRE ET FILS,

COURS DE P

D'APRÈS L'ENSEIGNEMENT

Publié par le docteur

Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris

Deuxième édition, 1873. 1 vol. in-18 de vi

COURS DE M

COMPLÉMENTAIRE DE

Anatomie microscopique et physiologie

Par le docteur

Recteur de l'Académie de Montpellier, ex-chef de

In-8° de 550 pages

ATLAS DU COURS

EXÉCUTÉ D'APRÈS NATURE AU

Par le docteur A. DON

Un volume in-folio de 20 planches gravées

DU MICR

DE SES APPLICATIONS A L'ANATOMIE

ET AU TRAITEMENT

Par M. J

Professeur à la Faculté

Paris, 1857, in-4° de 200 pages, a

ANATOMIE MICR

Par le docteur

OUTRAGE

Paris, 1838-1857, 2 volumes in-folio

LA PHOTOGRAPHIE APPLIQUÉE AU

Par A. MO

Professeur à la Faculté de

Paris, 1867, 1 vol in-18 Jésus, 340 p
photographiées

BEAUXIS. Programme du cours de
Faculté de médecine de Strasbourg par
Faculté de médecine de Nancy Paris, 1

BYASSON (H. nri). Des Matières amy
nomie. Paris, 1813, grand in-8° de 112 p

LEGRON. Des Nerfs vaso-moteurs, |
Faculté de médecine de Paris Paris, 18

S. HIFF De l'Inflammation et de la
traduction de l'italien par le docteur R.
des hôpitaux de Marseille. Paris, 1873,

ENVOI FRANCO CONTRE U

MAIRIE 24, B. D'ALFONSE (3 FUS, 19, RUE D'ANTHEUILLES.

107. **BOY et LECOUEST. Traité de médecine opératoire, des tumeurs et appareils,** par Ch. SCHEU, membre de l'Académie des sciences, et L. LECOUSSER, médecin inspecteur des armées. Quatrième édition. 7 vol. in-8, avec figures intercalées dans le texte et 200 planches. 20 fr.

108. **Traité de pathologie externe et de médecine opératoire,** avec des figures d'anatomie des tumeurs et des régions, par A. VIALA (de C. 418), professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. Cinquième édition, par S. FISSO, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris. 5 vol. in-8 de chacun 330 pages, avec 301 figures. 40 fr.

ACCOUCHEMENTS

109. **Traité pratique de l'art des accouchements,** par J. L. L. (Fleming). 1 vol. in-8, avec 282 fig. 10 fr.

110. **FLEMING (Fleming). Traité pratique des maladies des femmes, hors l'état de grossesse, pendant la grossesse et après l'accouchement,** par FLEMING CONNELL, professeur à l'Université de Dublin. Traduit de l'anglais. Dixième édition, contenant l'Examen des travaux français et étrangers les plus récents, par le docteur FLEMING. 2 vol. gr. in-8, xv+1027 pages, avec 291 fig. 18 fr.

111. **Traité pratique de l'art des accouchements,** par F. F. KENNEDY et W. L. GARRISON, annoté et mis au courant des progrès de la science, par H. A. ARRENAS; ouvrage précédé d'une introduction par J. A. BROUET, doyen de la Faculté de médecine de Nancy. 1 vol. gr. in-8 de xxviii-124 pages, avec 1 planche et 297 fig. 12 fr.

112. **Guide pratique de l'accoucheur et de la sage-femme,** par Lucien PRAXIS, professeur d'accouchements à l'École de médecine de Rochefort. Quatrième édition. 1 vol. in-18 de 120 p., avec 142 figures. 4 fr.

113. **Clinique obstétricale et gynécologique,** par sir T. STURGES, professeur d'accouchements à l'Université d'Édimbourg; ouvrage édité par J. WALT BECK, traduit et annoté par le docteur G. CHASTREUX, chef de clinique d'accouchements à la Faculté de médecine de Paris. 1878. 1 vol. grand in-8 de 320 pages, figures. 12 fr.

Envoi franco contre un mandat de poste.

HISTOIRE NATURELLE

ANDOUARD. Nouvelles
propositions à l'usage
des écoles, avec figures.
1848. (H.). Nouvelle
propriété des médicaments
médic. 1 vol. in-12.

CAUVET. Nouveaux
ouvrages, comprenant
la culture et la culture
des végétaux utiles
soit par leurs produits
soit par leurs propriétés
médic. 1 vol. in-12.

Commentaires théo-
riques sur l'histoire de
la pharmacologie
N. Goussier, professeur
de pharmacologie. 1
vol. in-12.

DEBARD. Études
sur les plantes et le pays
de la distribution gé-
nérale des végétaux
de 180 pages, avec 6
fig.

FERRAND (A.). Traité
pour l'application de
la pharmacologie.
A. FERRAND, médecin
Chirurgien. 1 vol. in-12.

FERRAND (E.). Aide
pharmaceutique à l'usage
des écoles. 1 vol. in-12.

GAZDAS. Formules
formules favorables
docteur S. GAZDAS
442 pages.

GUEVAT et VAN DE
VAT, professeurs au
2 vol. in-8, avec 10
fig.

GIACOMINI. Traité
de la culture des végétaux
de 180 pages.

GILBERT. Histoire
de la culture des végétaux
de 180 pages.

Envol. 1848

LIBRAIRIE J. L. DAILLIERE ET FILS, 10, RUE MONTMARTRE.

- QUINQUART.** Pharmacopée raisonnée, ou Traité de pharmacie pratique et théorique, par N.-E. Renay et J.-H. Guisbault. *Troisième édition*, par J.-H. Guisbault. 1-8 de 880 pages, avec 73 pl.,... 8 fr.
- REANNEL.** Formulaire officinal et magistral international, comprenant environ 4,000 formules, suivi d'un mémento thérapeutique, par J. Janset, inspecteur du service de santé des armées. 1 vol. in-16 de 1000 pages, cart.,... 6 fr.
- BOQUIN-TANDON.** Eléments de botanique médicale, par A. Moquin-Tandon, professeur à la Faculté de médecine de Paris, membre de l'Institut. *Deuxième édition*. 1 vol. in-18 Jésus, avec 128 figures, ... 5 fr.
- Eléments de zoologie médicale. *Deuxième édition*. 1 vol. in-18, avec 112 fig.,... 6 fr.
- REVEL.** Formulaire raisonné des médicaments nouveaux et des médications nouvelles, par le docteur G. Revel, professeur agrégé à la Faculté de médecine et à l'École de pharmacie. *Deuxième édition*. 1 vol. in-18 Jésus, avec 18 fig., 8 fr.
- SCHUBMAN.** Nouveau dictionnaire des falsifications et des altérations des aliments, des médicaments et de quelques produits employés dans les arts, l'industrie et l'économie domestique, exposé des moyens scientifiques et pratiques d'en reconnaître le degré de pureté, l'état de conservation, de constater les fraudes dont ils sont l'objet, par J. Léon Schubman, professeur à l'École supérieure de pharmacie de Montpellier. 1 beau volume grand in-8 de 600 pages, avec 218 figures. Cartonné, ... 14 fr.
- WIGG.** Traité élémentaire de physique médicale, par W. Wigg, professeur à l'Université de Heidelberg, traduit par F. Moysan, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Nancy. 1 vol. in-8, avec 150 fig. et 1 planche chromatolithographiée. 17 fr.

HYGIÈNE ET MÉDECINE LÉGALE

- RIEAND.** Manuel complet de médecine légale, par J. Rieand et Ernest Guérol, et contenant un Manuel de chimie légale, par J. Rieand, professeur à l'École de pharmacie de Paris. *Neuvième édition*. 1 vol. gr. in-8 de 1015 pages, avec 3 pl. et 25 fig.,... 18 fr.
- LEVY.** Traité d'hygiène publique et privée, par Michel Levy, directeur de l'École du Val-de-Grâce. *Cinquième édition*. 2 vol. gr. in-8, ensemble 1000 pag., avec 82 fig.,... 20 fr.
- TARDIEU (A.).** Étude médico-légale et clinique sur l'empoisonnement. 1 vol. in-8, avec 53 fig. et 2 planches, ... 14 fr.
- Étude médico-légale sur la folie. 1 vol. in-8 de 600 pages, avec 105 pages de fac-similé d'écriture d'aliénés, ... 8 fr.
- Étude médico-légale sur la pendaison, la strangulation et la suffocation. 1 vol. in-8, avec planches, ... 6 fr.
- Étude médico-légale sur les attentats aux mœurs. *Deuxième édition*. in-8 de 820 pages, avec 1 pl. et 25 fig., ... 8 fr. 50
- Étude médico-légale sur l'avortement. *Troisième édition*. 1 vol. in-8 de 700 pages, ... 4 fr.
- Étude médico-légale sur l'infanticide. 1 vol. in-8, avec 3 pl. enluminées, ... 8 fr.

Envoi franco contre un mandat de poste.

